# NOVA

MAX

1|2 A

HAVO|VWO

NaSk





# 1|2 HAVO|VWO Deel A

**NaSk**


**Auteurs**
R. Cremers
P. van Hoeflaken
F. Kan
M. Kelder
L. Lenders
P. Oosterlaak
C. Schatorjé
T. Seynaeve
R. Tromp

**Eindredactie**
S. Michon



MAX Release 2021

www.malmberg.nl/nova-natuurkunde
Malmberg, ’s-Hertogenbosch

# Aan de slag met Nova

## Waarom Nova?

**Natuur- en scheikunde gaat over de wereld om je heen. Met Nova heb je alles binnen handbereik om dit te ervaren, te beleven en te ontdekken!**

## Werk in je boek én online!

Er zijn twee boeken per leerjaar en een online leeromgeving. Je docent kiest wat je online doet (met laptop, tablet of telefoon) en wat in je boek. Elk hoofdstuk is verdeeld in theorieparagrafen, practica, een praktijkartikel en een leerstofoverzicht. Aan het begin van elke paragraaf is met leerdoelen aangegeven wat je gaat leren. Aan het einde van elke paragraaf staat extra stof. In het onderdeel practica ga je met proeven aan de slag en leer je onderzoeken. Aan het einde van elk hoofdstuk staat een praktijkartikel, waarin een deel van de lesstof in een situatie uit het dagelijks leven of de wetenschap wordt besproken. In de afsluiting vind je de onderdelen Onthoud en Begrippen.

## Voordelen van online

- Je ziet snel wat je goed of fout doet.
- Je krijgt direct feedback op je antwoorden.
- Je bekijkt filmpjes en animaties.
- Je oefent belangrijke vaardigheden met de *Vaardigheidstrainer*.
- Je leert de begrippen met de *Flitskaarten*.
- Je meet of je de stof beheerst met de *Test jezelf*, *Oefentoets* of *Diagnostische toets*.
- Je kunt op een hoger of lager niveau en leerjaar werken.
- Je docent volgt hoe je het doet.

## Vaardigheden

Aan het eind van elk boek vind je het onderdeel Vaardigheden, waarin de belangrijkste vaardigheden om onderzoek te doen worden uitgelegd. Enkele belangrijke vaardigheden kun je online oefenen met de Vaardigheidstrainer.

## Goede voorbereiding op de toets!

In het boek vind je in de afsluiting van elk hoofdstuk de onderdelen Onthoud en Begrippen die je helpen bij de voorbereiding op de toets.
Elk hoofdstuk wordt in de online paragraaf Afsluiting afgesloten met een *Samenvattende opdracht*. Hier vind je ook *Flitskaarten* voor het leren van alle begrippen en er is een *Diagnostische toets*. Twijfel je of je de stof voldoende beheerst? Maak dan de *Test jezelf* of *Oefentoets*.

## Voordelen van het boek

- Je hebt snel overzicht in wat je gaat leren.
- Je leest lange teksten op papier.
- Je markeert in de tekst en maakt aantekeningen.
- Je tekent en kleurt zodat je leerstof goed onthoudt.

## Betekenis symbolen

 ga naar de online leeromgeving voor handige extra’s

PROEF 1 er is een practicum bij deze lesstof

 gebruik de vaardigheid bij deze opdracht

 met dit practicum ben je zo lang bezig

 deze opdracht biedt extra uitdaging

# Inhoud Deel A

# Inhoud Deel B

# 1 Natuurwetenschappen

## ONTDEKKEN EN ONDERZOEKEN

**Natuurkundigen en scheikundigen hebben allerlei ontdekkingen gedaan door onderzoek uit te voeren. Om een onderzoek uit te voeren moet je kunnen meten met meetinstrumenten. Zonder de ontdekkingen en onderzoeken van natuurkundigen en scheikundigen zouden we geen telefoons, medicijnen en ledlampen hebben.**

INTRODUCTIE


THEORIE




AFSLUITING


Practicum
Het omzetten van
zonne-energie in

# 1 Een nieuw vak

## LEERDOELEN

1.1.1 Je kunt beschrijven waar natuurwetenschappen over gaan.
1.1.2 Je kunt met voorbeelden het verschil tussen natuurkunde en scheikunde uitleggen.
1.1.3 Je kunt uitleggen hoe röntgenstraling gebruikt wordt.

| TAXONOMIE | LEERDOELEN EN OPDRACHTEN | | |
|---|---|---|---|
| | 1.1.1 | 1.1.2 | 1.1.3 |
| Onthouden | 1 | 2abc | 3ab |
| Begrijpen | | 4, 5abcd, 7a | 9abc |
| Toepassen | | 6, 7b | 9d, 10 |
| Analyseren | | 8 | 11 |

**In de prehistorie kleedden mensen zich in berenvellen. Ze sliepen in holen en ze communiceerden met elkaar door middel van rooksignalen en de tamtam (tromgeroffel). Door natuurwetenschappen hebben wij tegenwoordig goede kleding, comfortabele huizen en moderne communicatieapparatuur zoals de telefoon en de computer.**

## WETENSCHAP

**Natuurkunde** is een **wetenschap**. Maar wat is een wetenschap eigenlijk? Wetenschap is het opdoen van kennis en het toepassen van die kennis in het dagelijks leven. Er zijn veel verschillende soorten wetenschappen, want je kunt op allerlei vakgebieden kennis opdoen. Het vak natuurkunde is een **natuurwetenschap**, net als **scheikunde** en **biologie**. In de natuurwetenschap wordt de natuur bestudeerd. Bij biologie bestudeer je de levende natuur, dus de wereld van planten, dieren en het menselijk lichaam. Bij natuurkunde en scheikunde bestudeer je de niet-levende natuur. Denk daarbij aan:

- het ontstaan van bliksem (figuur 1);
- het opwekken van elektriciteit met zonnepanelen (figuur 2);
- het smelten van kaarsvet;
- de remweg van een scooter;
- het roesten van een spijker (figuur 3).



**figuur 1** Bliksem bij onweer.



**figuur 2** Zonnepanelen op het dak van een huis.



**figuur 3** Roestende spijkers.

Natuurwetenschappen houden zich ook bezig met natuurverschijnselen, zoals het weer, aardbevingen, vulkanen, zonsverduisteringen enzovoort.

## WILHELM CONRAD RÖNTGEN

Natuurwetenschappers hebben grote bijdragen geleverd aan de huidige maatschappij. Een voorbeeld van zo'n natuurwetenschapper is Wilhelm Conrad Röntgen (figuur 4).



**figuur 4** Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923).

In 1895 ontdekte de natuurkundige Röntgen een geheimzinnig soort stralen die onzichtbaar zijn en die dwars door papier en karton heen gaan. Röntgen ontdekte dat de botten in je lichaam een groot deel van deze stralen tegenhouden. De andere delen van je lichaam laten de straling bijna ongehinderd door.

Als er straling op je hand valt, ontstaat er achter je hand een soort schaduwbeeld. Achter de botten is veel schaduw, achter de spieren weinig (figuur 5). Röntgen ontdekte dat hij die schaduwbeelden kon fotograferen. Op die manier maakte hij de eerste **röntgenfoto's**. Op een röntgenfoto zijn de lichaamsdelen die veel röntgenstraling tegenhouden wit. Röntgenstraling is schadelijk voor je lichaam.




**figuur 5** Röntgenfoto van handen.

## VERANDERINGEN

Stoffen en voorwerpen kunnen veranderen. Als je een metalen staaf verhit, zet de staaf uit en wordt deze langer. Als de staaf afkoelt, krimpt deze weer en krijgt hij zijn oorspronkelijke lengte terug. De Eiffeltoren is op een hete zomerdag door uitzetting maar liefst 30 cm langer dan in de winter. Maar als het koud wordt, krimpt de Eiffeltoren weer. Deze veranderingen zijn dus tijdelijk.

Water ken je als een vloeistof. In nat wasgoed zit water. Als je de was te drogen hangt, verandert het water in waterdamp die uit de was ontsnapt. De was wordt droog. Als het vriest, verandert water in ijs (figuur 6). Vloeibaar water kan dus veranderen in waterdamp of in ijs. Dat soort veranderingen zijn veranderingen van toestand. Maar waterdamp en ijs kun je weer veranderen in vloeibaar water. Ook deze veranderingen zijn tijdelijk.

Stoffen kunnen ook op een andere manier veranderen. Als hout verbrandt, verandert het in houtskool, as en rook (figuur 7). Van houtskool, as en rook kun je geen hout meer maken. Het hout is voor altijd veranderd in andere stoffen. Deze verandering is blijvend.



**figuur 6** Water verandert in ijs.



**figuur 7** Hout verandert in houtskool, as en rook.

Bij scheikunde en natuurkunde bestudeer je veranderingen in de niet-levende natuur. Het grote verschil is daarbij dat natuurkundige veranderingen tijdelijk zijn en scheikundige veranderingen blijvend. Het langer worden van een staaf bij verhitting en het veranderen van vloeibaar water in waterdamp of ijs worden dus bij natuurkunde bestudeerd, en het verbranden van hout bij scheikunde.



**Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

## LEERSTOF

**1** Natuurkunde en scheikunde gaan over de *levende* / *niet-levende* natuur.

**2** Als je een kaars aansteekt, verandert kaarsvet van vaste stof in een vloeistof.

**a** Leg uit of dit thuishoort bij biologie, natuurkunde of scheikunde.

**b** Sommige vogels overwinteren in Nederland, terwijl andere vogels in de herfst naar warmere landen vliegen.
Leg uit of dit thuishoort bij biologie, natuurkunde of scheikunde.

**c** Een stof verandert in andere stoffen.
Leg uit of dit thuishoort bij biologie, natuurkunde of scheikunde.

**3** Kies de juiste woorden.

**a** Röntgenstraling wordt grotendeels tegengehouden door de *botten* / *spieren* in je lichaam.

**b** Als er röntgenstraling op je hand valt, ontstaat er achter je hand een soort schaduwbeeld. Achter de *botten* / *spieren* is veel schaduw. Achter de *botten* / *spieren* is weinig schaduw.

## TOEPASSING

**4** Bij welk vak horen de volgende verschijnselen?

- Het ontstaan van geluid hoort bij het vak *biologie* / *natuurkunde* / *scheikunde*.
- Een bloeiende bloem hoort bij het vak *biologie* / *natuurkunde* / *scheikunde*.
- Het hard worden van een ei in kokend water hoort bij het vak *biologie* / *natuurkunde* / *scheikunde*.
- Dat een houten blokje drijft in water en dat een ijzeren blokje zinkt in water hoort bij het vak *biologie* / *natuurkunde* / *scheikunde*.

**5** Leg uit of de volgende veranderingen natuurkundig of scheikundig zijn.

**a** Het smelten van het metaal tin.
**b** Een plastic stoel buigt door als een zwaar persoon erop gaat zitten.
**c** Aardappelen bakken aan in een pan.
**d** De gloeispiraal in een kachel wordt rood als je de kachel aanzet.

**6** Op een oud gebouw is een nieuw dak van koper gelegd (figuur 8a). Enkele jaren later is het koper door invloed van regen en lucht groen geworden (figuur 8b). Dit heet oxideren. Oxideren hoort bij *natuurkunde* / *scheikunde*, want het koper van het dak is *wel* / *niet* veranderd in een andere stof.

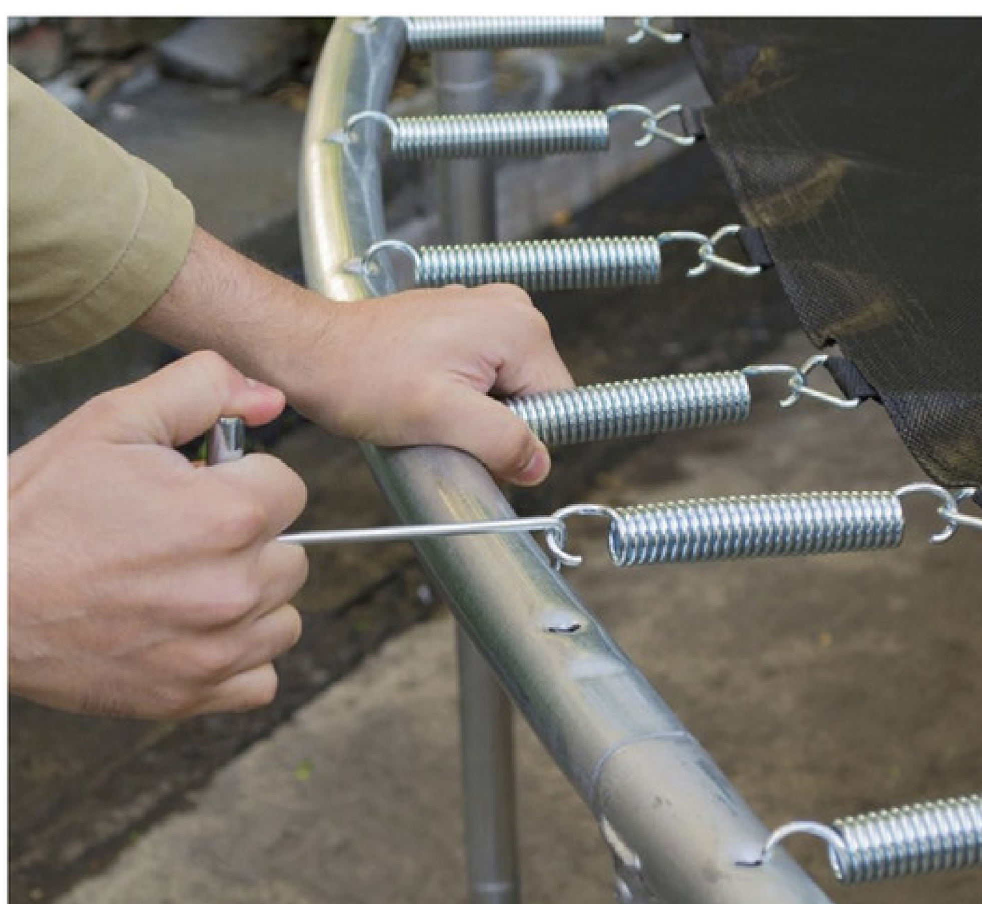
**figuur 8** Het koperen dak van een historisch gebouw.


ⓐ


ⓑ

**7** Bekijk figuur 9.

**a** Welke verandering treedt op als je aan een veer trekt?
**b** Leg uit dat deze verandering zowel tijdelijk als blijvend kan zijn.



**figuur 9** Trekken aan een veer van een trampoline.

★ 8 Soms treden er meer veranderingen tegelijkertijd op.
Welke veranderingen treden op als een ijzeren spijker met een brander verhit wordt?

9 In figuur 10 zie je een röntgenfoto van de hals en een deel van het hoofd van een man.

- **a** Wat houdt de meeste röntgenstraling tegen: de spieren of de botten?
- **b** Wat heeft de man in zijn keel zitten?
- **c** Waarvan zal dit voorwerp gemaakt zijn?
- **d** Houdt dit materiaal veel of juist weinig röntgenstraling tegen?



**figuur 10** Een röntgenfoto die in het ziekenhuis is gemaakt.

10 Rolina heeft haar been gebroken. In het ziekenhuis wordt een foto van de breuk gemaakt.
Waarom wordt daarbij zo weinig mogelijk röntgenstraling gebruikt?

11 Röntgenstraling wordt niet alleen in het ziekenhuis gebruikt.
Waarvoor gebruikt de beveiliging op een vliegveld röntgenstraling?

 Test je kennis met de *Test jezelf*.

# 2 Onderzoeken

**LEERDOELEN**

1.2.1 Je kunt uitleggen wat de wetenschappelijke methode is.
1.2.2 Je kunt uitleggen hoe je veilig kunt waarnemen bij een onderzoek.
1.2.3 Je kunt beschrijven wat een grootheid en wat een eenheid is.
1.2.4 Je kunt uitleggen wat een indicator is.

| TAXONOMIE | LEERDOELEN EN OPDRACHTEN | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1.2.1 | 1.2.2 | 1.2.3 | 1.2.4 |
| Onthouden | 2 | 1 | | 3 |
| Begrijpen | 5abcdef, 7b | 4 | 8ab | |
| Toepassen | 7ace | | 9 | 10 |
| Analyseren | 6, 7d | | | |

**Bij natuur- en scheikunde doe je soms onderzoek om een antwoord te krijgen op een onderzoeksvraag. Dat onderzoek gaat volgens de wetenschappelijke methode. Bij het onderzoek moet je waarnemen en meten.**

## ONDERZOEK DOEN

PROEF 1

Een natuurkundig of scheikundig onderzoek vindt plaats volgens een aantal stappen:

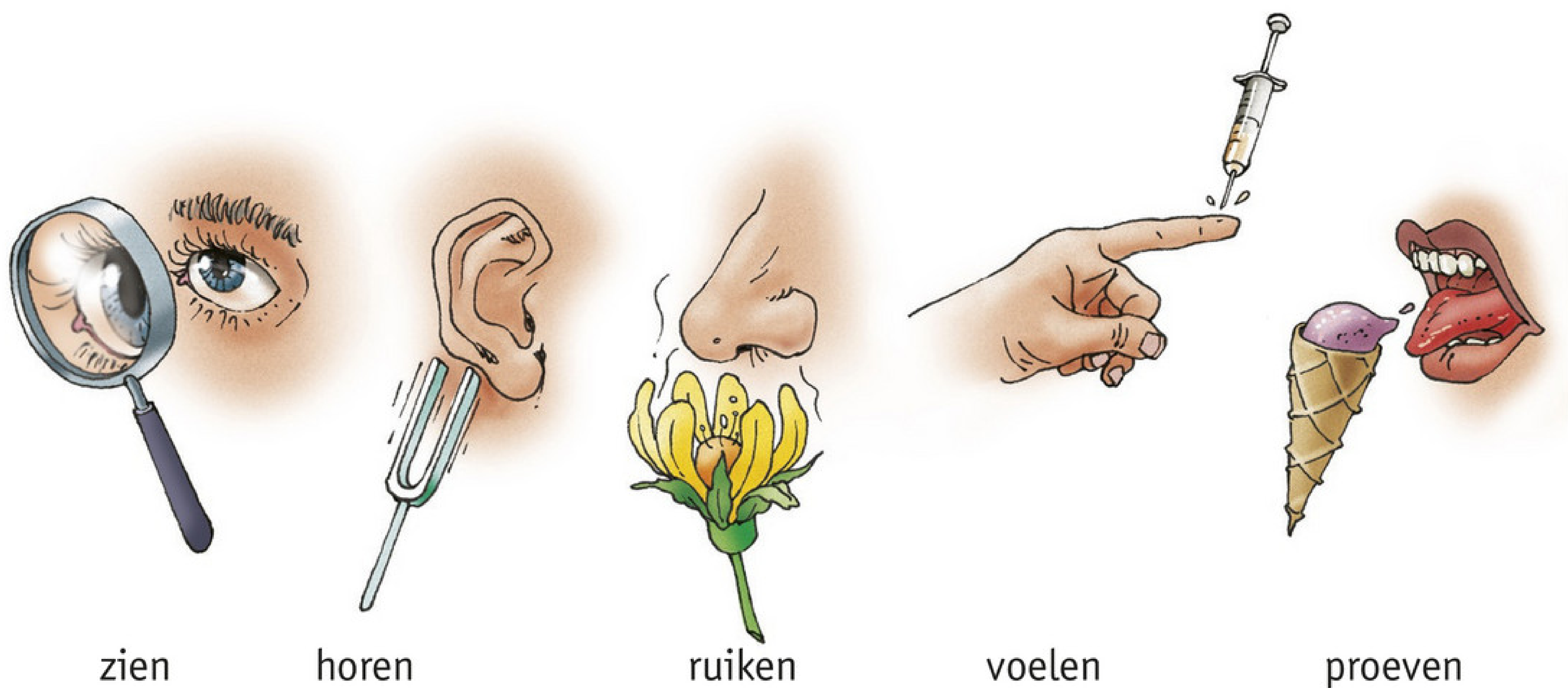
- Een onderzoek begint altijd met een **onderzoeksvraag**. Daarin staat wat je wilt ontdekken. Voorbeelden van onderzoeksvragen zijn: Welke temperatuur heeft kokend water? Hoever rijdt een fiets door als je stopt met trappen?
- Daarna bedenk je een voorlopig antwoord op de onderzoeksvraag. Wat denk je dat de uitkomst is? Zo'n voorlopig antwoord heet een **hypothese**. Dat kan een gok zijn, maar meestal is de hypothese ergens op gebaseerd: het verwachte resultaat.
- Na het formuleren van de hypothese bedenk je een experiment waarvan de uitkomst antwoord geeft op de onderzoeksvraag.
- Vervolgens voer je dit experiment uit.
- Je geeft de meetresultaten overzichtelijk weer in een tabel en/of grafiek.
- Met de uitkomsten van het experiment probeer je de onderzoeksvraag te beantwoorden. Je ziet dan of de hypothese goed of niet goed was.

Deze werkwijze heet de **wetenschappelijke methode**.

## WAARNEMEN

PROEF 2

Als je een experiment uitvoert, moet je nauwkeurig waarnemen wat er gebeurt. Waarnemen doe je met je **zintuigen** (figuur 1). Met je zintuigen kun je zien, horen, ruiken, voelen en proeven.




**figuur 1** Waarnemen doe je met je zintuigen.

Bij onderzoek mag je altijd horen, zien en voelen. De damp van sommige stoffen is giftig. Als je giftige dampen inademt, kun je ziek worden of kunnen je longen beschadigen. Daarom mag je nooit zomaar ruiken aan een stof, maar moet je dat altijd voorzichtig doen. Sommige stoffen zijn giftig. Je kunt er ernstig ziek van worden. Daarom mag je nooit proeven van een stof!

Met je zintuigen kun je wel waarnemen, maar dat is niet erg nauwkeurig. Als je een blokje van 50 gram aan een elastiekje hangt, kun je zien dat het elastiekje langer wordt. Maar je kunt niet zien hoeveel langer. Als je dat wilt weten, moet je meten. Daarvoor gebruik je een **meetinstrument**.

## GROOTHEID, EENHEID EN MEETWAARDE

Als je op de weegschaal gaat staan, lees je bijvoorbeeld het getal 52 af. Je zegt dan wellicht: “Ik weeg 52.” In de natuurkunde is dat niet goed. Iedereen zal begrijpen dat je dan 52 kilogram weegt en geen 52 gram of 52 ton. Maar in de natuurkunde moet je de aanduiding kilogram, of afgekort kg, achter het getal zetten. Kilogram is een **eenheid**. Een eenheid is een hoeveelheid of maat waarin je iets uitdrukt. De eenheid geeft het getal betekenis. Een eenheid staat altijd achter een getal. Het getal 52 is de **meetwaarde**.

Bij tijd kun je verschillende eenheden gebruiken, bijvoorbeeld minuten, uren, dagen of weken. Dit zijn allemaal eenheden van tijd. Lengte heeft ook zijn eigen eenheden. Zo is de lengte van Melissa 154 centimeter. En is de lengte van het schoolplein 30 meter.

Tijd en lengte zijn de dingen die je kunt meten. Tijd en lengte zijn voorbeelden van grootheden. Een **grootheid** is een eigenschap die je kunt meten. Iedere grootheid heeft zijn eigen eenheden.

Met een weegschaal kun je de massa van een voorwerp of van een hoeveelheid stof bepalen. De massa is de hoeveelheid stof in gram (g) of kilogram (kg). Voorwerpen met een grote massa zijn zwaar, voorwerpen met een kleine massa zijn licht.

Cola is een vloeistof. Je kunt meten hoeveel cola in een glas zit. Je meet dan het volume van de cola. Het volume is de ruimte die een voorwerp of een hoeveelheid stof inneemt. Het volume druk je uit in kubieke meter ($m^3$), kubieke decimeter ($dm^3$) of kubieke centimeter ($cm^3$). Volumes kunnen ook worden opgegeven in liter (L) of milliliter (mL).

## ONDERZOEK MET EEN INDICATOR

PROEF 3+4

In laboratoria worden indicatoren gebruikt. Met een **indicator** kun je onderzoeken of een bepaalde stof wel of niet aanwezig is. De indicator verandert van kleur onder invloed van die andere stof. Er zijn indicatoren voor suiker, alcohol, zetmeel, koolstofdioxide enzovoort. De indicator voor zetmeel is jodium, een bruingele vloeistof (figuur 2).



**figuur 2** Jodium.

Je kunt nu een onderzoek doen volgens de wetenschappelijke methode:

- De onderzoeksvraag luidt: Zit er zetmeel in een witte boterham?
- De hypothese zou kunnen zijn: Nee, er zit geen zetmeel in een witte boterham.
- De proefopzet is dan als volgt: Laat een paar druppels jodium op een witte boterham vallen.
- Voer de proef nu uit (figuur 3). Je ziet dat de boterham op die plaats donkerblauw wordt.
- Je kunt de onderzoeksvraag nu beantwoorden: Er zit zetmeel in een witte boterham. De hypothese was niet juist.



**figuur 3** Brood bevat zetmeel.

 **Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

## LEERSTOF

**1** Waarom mag je bij natuur- en scheikunde nooit proeven van een stof?

**2** Welke eenheid hoort bij de grootheid?

| | | | |
|---|---|---|---|
| A lengte | ○ | ○ | 1 kilogram |
| B massa | ○ | ○ | 2 liter |
| C tijd | ○ | ○ | 3 meter |
| D volume | ○ | ○ | 4 seconde |

**3** Vul de juiste woorden in.

Met een ................................ kun je nagaan of een bepaalde stof wel of niet aanwezig is.

De ................................ verandert van ................................ onder invloed van die andere stof.

Als je ................................ bij zetmeel doet, verandert de kleur van het jodium van bruingeel in .................................

## TOEPASSING

**4** Je gebruikt je zintuigen om dingen waar te nemen.
Welk zintuig gebruik je?

| | | |
|---|---|---|
| A horen ○ | | ○ 1 huid |
| B proeven ○ | | ○ 2 neus |
| C ruiken ○ | | ○ 3 ogen |
| D voelen ○ | | ○ 4 oren |
| E zien ○ | | ○ 5 tong |

**5** Hoort de zin bij de onderzoeksvraag of bij de conclusie van een onderzoek?

**a** Gaat elektriciteit door een plastic buis heen? *onderzoeksvraag / conclusie*
**b** Wie is het langst in deze klas? *onderzoeksvraag / conclusie*
**c** De zon komt iedere dag op in het oosten. *onderzoeksvraag / conclusie*
**d** Serge wil weten hoe hoog het klaslokaal is. *onderzoeksvraag / conclusie*
**e** Papier brandt beter dan hout. *onderzoeksvraag / conclusie*
**f** Nick is het langst van de klas. *onderzoeksvraag / conclusie*

**6**  Zie de vaardigheid *Onderzoek doen*.
Lees en bekijk figuur 4.
Bedenk zelf een onderzoeksvraag voor een onderzoek dat past bij deze tekst.

Evelien fietst op haar nieuwe e-bike naar school. Ze weet nog niet hoe snel de fiets nu eigenlijk gaat. Gaat het sneller dan op haar gewone fiets? Dat gaat ze uitproberen. Ze hoopt dat ze onderweg niet stil komt te staan doordat de accu leeg is. Als ze op school aankomt, vraagt haar vriend Raymond hoelang zij onderweg is geweest. Evelien weet dat niet. Ze is alleen bezig geweest met zo hard mogelijk fietsen.



**figuur 4** Evelien op haar e-bike.

**7** Als Vera stopt met trappen, rijdt haar fiets steeds langzamer, tot deze tot stilstand komt. Vera wil weten of ze op een asfaltweg even ver doorrijdt als op een zandweg. De afstand die ze nog doorrijdt vanaf het moment dat ze niet meer trapt heet de uitrijdafstand.

**a** Schrijf de onderzoeksvraag op bij deze beschrijving.
**b** Bedenk een hypothese bij deze onderzoeksvraag.
**c** Waarom heeft ze een fiets nodig met een snelheidsmeter?
**d** Vera gaat een proef doen om haar onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden.
Beschrijf welke proef ze moet uitvoeren.
**e** Bij 15 kilometer per uur is de uitrijdafstand van Vera op de asfaltweg 37 m en op de zandweg 25 m.
Beantwoord de onderzoeksvraag (oftewel: trek de conclusie).

**8**  Zie de vaardigheid *Werken met grootheden en eenheden*.

**a** Zet in elke zin een streep onder de grootheid.
Het zwembad heeft een lengte van 25 meter.
De tijd die Jurgen nodig heeft om naar huis te fietsen is 15 minuten.
In een koelkast is de temperatuur meestal 4 graden Celsius.
De breedte van een tennisveld is 8,23 meter.
De massa van de bloemkool is 600 gram.

**b** Zet in elke zin een streep onder de eenheid.
Als je temperatuur 39 graden Celsius is, heb je koorts.
Een voetbalwedstrijd duurt twee keer 45 minuten.
Anna judoot in de klasse tot 52 kilogram.
Bij hockey ligt de strafbalstip op 6,4 meter van het doel.
Als de luchtdruk onder 1013 hectopascal komt, is de kans op regen groot.

**9** Wat ontbreekt er eigenlijk op het verkeersbord in figuur 5?




**figuur 5** Verkeersbord.

**10** De politie gebruikte vroeger een blaaspijpje om te controleren of een automobilist gedronken had.
Welke stof kon de politie met zo'n blaaspijpje aantonen?

 **Test je kennis met de *Test jezelf*.**

# 3 Practicum

## LEERDOELEN

1.3.1 Je kunt practicummaterialen benoemen.
1.3.2 Je kunt van een aantal meetinstrumenten uitleggen waarvoor je ze gebruikt.
1.3.3 Je kunt het verschil uitleggen tussen digitale en analoge apparatuur.
1.3.4 Je kunt de veiligheidsregels en veiligheidsmiddelen bij practicum noemen.
1.3.5 Je kunt de werking van de brander uitleggen.
1.3.6 Je kunt de drie soorten vlammen van de brander met hun eigenschappen noemen.

| TAXONOMIE | LEERDOELEN EN OPDRACHTEN | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1.3.1 | 1.3.2 | 1.3.3 | 1.3.4 | 1.3.5 | 1.3.6 |
| Onthouden | 1 | | | 2 | 3 | |
| Begrijpen | | | 4 | 5abcdefg, 7 | | |
| Toepassen | | | | 8b | | 8a |
| Analyseren | | 10ab | | 6 | 9 | |

**Bij het doen van natuur- of scheikundig onderzoek voer je experimenten uit. Daarbij gebruik je meetinstrumenten. Bij deze experimenten zijn er regels voor de veiligheid waar je je altijd aan moet houden.**

## PRACTICUMAPPARATUUR

PROEF 5

Het uitvoeren van experimenten bij natuur- en scheikunde noem je **practicum**. Bij practicum onderzoek je natuurverschijnselen. Meestal heb je dan meetinstrumenten nodig. Je hebt vaak ook andere dingen nodig. De spullen die je bij een practicum gebruikt, noem je practicummateriaal. Er zijn veel verschillende soorten practicummateriaal (figuur 1).

## MEETINSTRUMENTEN

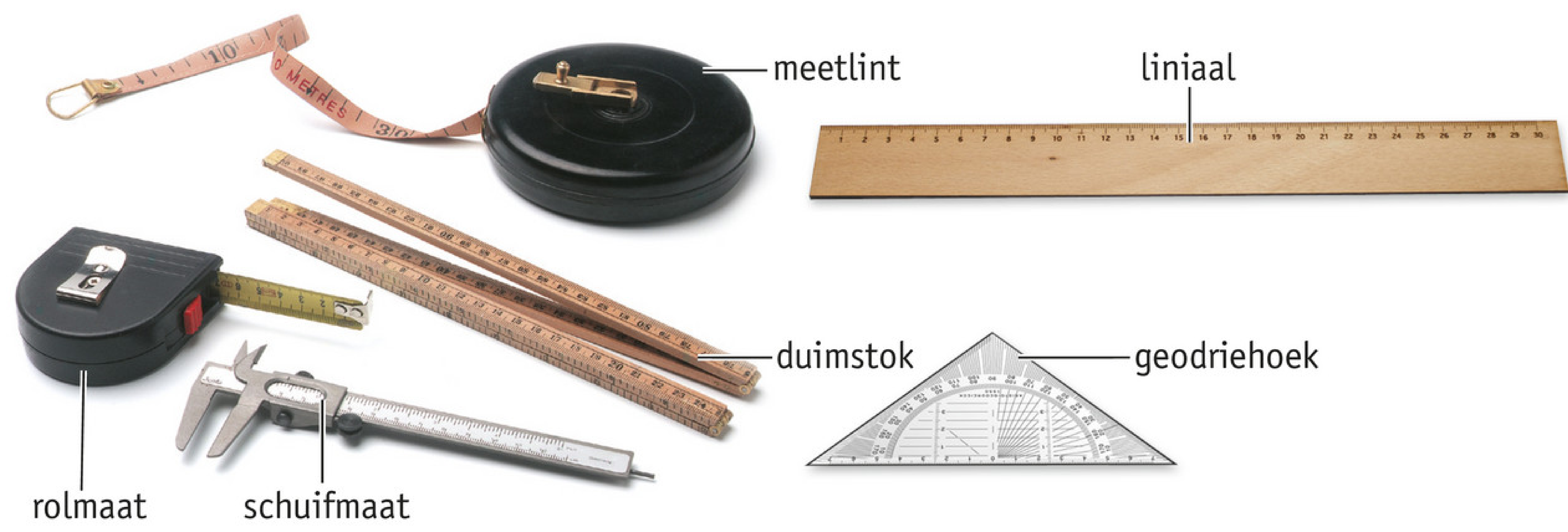
Tijd meet je met een klok of een stopwatch. Tijd wordt uitgedrukt in de eenheden seconden (s), minuten (min), uren (h) of zelfs jaren (y).

Lengtes kun je meten met een liniaal, geodriehoek of meetlint (figuur 2). Gebruik het apparaat dat het best past bij de lengte die je gaat meten. Lengtes druk je uit in centimeter (cm), meter (m) of kilometer (km).

De temperatuur meet je met een thermometer. De massa meet je met een weegschaal. (In de natuurkunde gebruik je het woord massa in plaats van gewicht.)

| afbeelding | naam | toepassing |
|---|---|---|
| | maatcilinder | hoeveelheid meten |
| | bekerglas | mengen en verwarmen van vloeistoffen |
| | erlenmeyer | verwarmen van vloeistoffen |
| | kookkolf | verwarmen van vloeistoffen |
| | reageerbuis | mengen van vloeistoffen scheikundeproefjes |
| | reageerbuisknijper | vasthouden van een reageerbuis tijdens het verwarmen |
| | reageerbuisborstel | schoonmaken van een gebruikte reageerbuis |
| | reageerbuisrek | opbergen van reageerbuizen |
| | statiefstang/klemmen | iets vastzetten |
| | statiefvoet | monteer je samen met statiefstang |

**figuur 1** Practicummateriaal.




**figuur 2** Meetinstrumenten voor het meten van lengte.

In figuur 3 zie je twee thermometers. De oventhermometer (figuur 3a) heeft een wijzer die over een **schaalverdeling** draait. De schaalverdeling bestaat uit streepjes op regelmatige afstand van elkaar met daarbij een reeks getallen waarmee je een meetwaarde kunt aflezen. Meetinstrumenten met een wijzer en een schaalverdeling noem je **analoog**. De koortsthermometer (figuur 3b) toont de meting op een schermpje. Een meetinstrument met cijfers op een scherm noem je **digitaal**.

**figuur 3** Twee thermometers.




ⓐ analoge thermometer




ⓑ digitale thermometer

## VEILIGHEID

Tijdens practicum werk je soms met vuur of je gebruikt gevaarlijke stoffen. Soms werk je met elektriciteit. Als er iets fout gaat, kan iemand gewond raken. Daarom is veiligheid erg belangrijk. Je moet altijd voorzichtig experimenteren. Je moet je daarom houden aan de **veiligheidsregels** (figuur 4).




**figuur 4** Tijdens practicum is de veiligheid belangrijk.

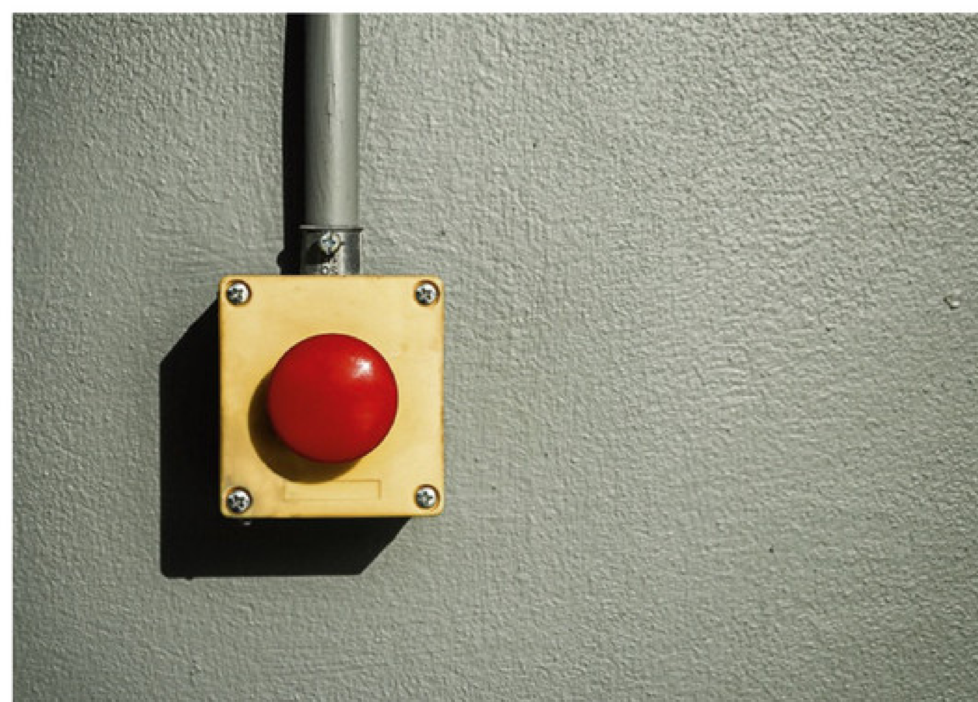
De veiligheidsregels zijn:
- Luister naar je docent en doe wat je docent zegt.
- Niet duwen, trekken of rennen in het lokaal.
- Niet eten of drinken in het lokaal.
- Leg geen tas of andere spullen waar mensen moeten lopen.
- Draag een veiligheidsbril als dat nodig is.
- Bind lang haar in een staart als je met vuur werkt.
- Werk altijd voorzichtig, vooral met scheikundige stoffen.
- Ruik alleen voorzichtig aan onbekende stoffen.
- Proef nooit van stoffen.
- Als er iets fout gaat, moet je meteen je docent waarschuwen.

Bij practica moet je weten waar de veiligheidsmiddelen voor dienen. In de meeste practicumlokalen zijn de volgende veiligheidsmiddelen aanwezig:
- de brandblusser, hiermee blus je een beginnende brand;
- de branddeken, hier kun je iemand in wikkelen als zijn kleding in brand staat (figuur 5);
- de oogdouche of oogwasfles, hiermee spoel je je ogen schoon als er een bijtende stof in is gekomen;
- de nooddouche, hier kun je onder gaan staan als je een bijtende stof over je heen hebt gekregen;
- de nooddeur, een deur die bestemd is om het lokaal te ontvluchten;
- de noodstop, een rood met gele knop die het gas en de elektriciteit afsluit als je hem indrukt (figuur 6).

Je docent vertelt waar deze veiligheidsmiddelen in het lokaal zijn. Hij vertelt ook hoe je ze moet gebruiken.



**figuur 5** Oefenen met een branddeken.



**figuur 6** De noodstop.

## DE BRANDER

PROEF 6

Bij practicum moet je soms iets verwarmen. Daarvoor gebruik je een brander. De brander werkt op aardgas. De brander wordt met behulp van een slang aangesloten op een gaskraan. Op de brander zit een **gasregelknop** (figuur 7). Met deze gasregelknop laat je meer of minder aardgas in de brander. De vlam wordt dan groter of kleiner. Je kunt deze gasregelknop ook helemaal dicht draaien.

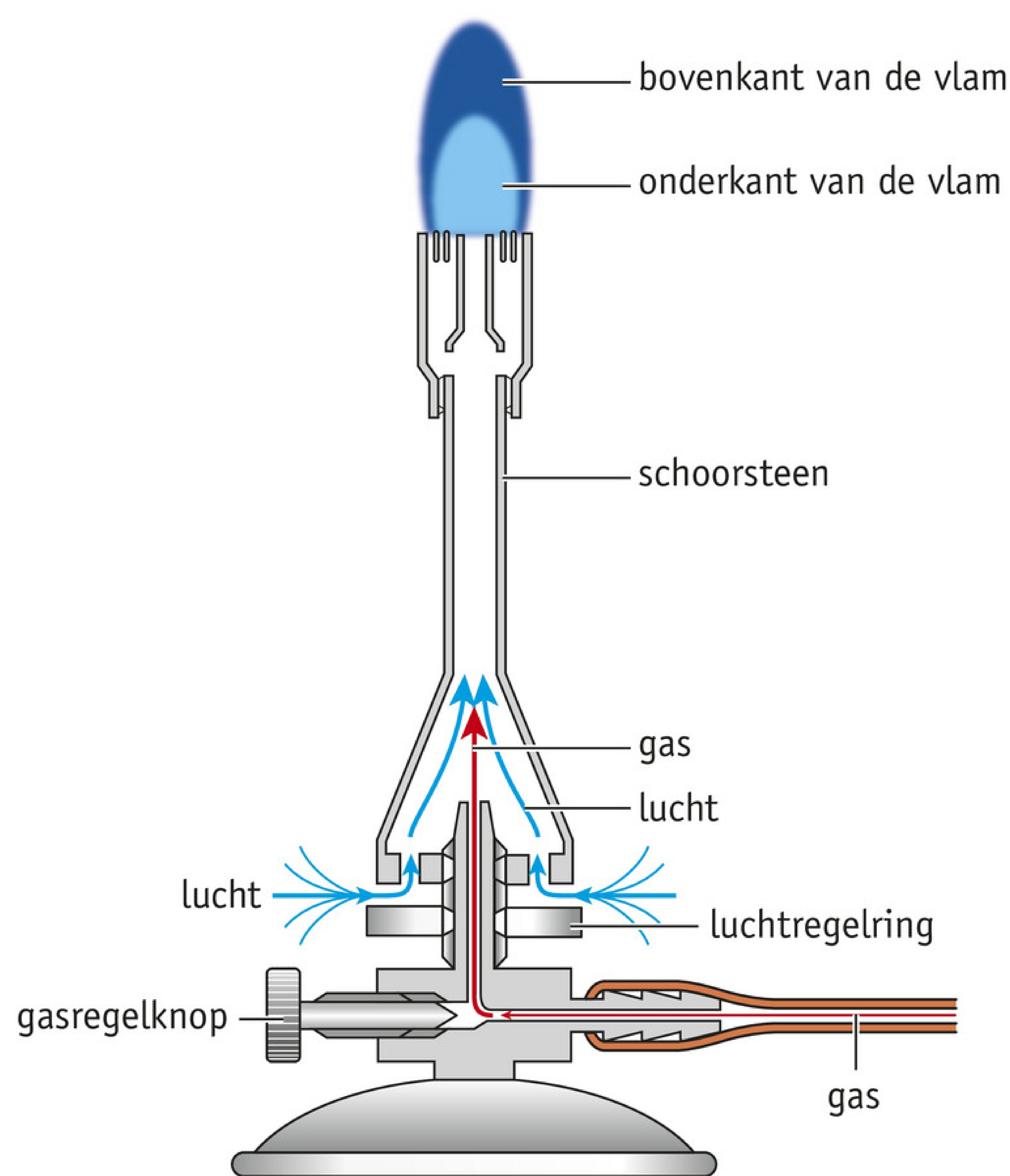
Aardgas kan alleen branden als er zuurstof bij komt. Zuurstof zit in de lucht. De lucht komt door de **luchtregelring** (figuur 7) bij het gas. Met de luchtregelring laat je meer of minder lucht bij het gas. In de **schoorsteen** worden het gas en de lucht gemengd, zodat de vlam bovenaan de schoorsteen goed kan branden.

De brander moet je altijd op dezelfde manier aansteken:

1. Doe de luchtregelring dicht.
2. Controleer of de gasregelknop dicht is.
3. Draai de gaskraan op je tafel open.
4. Houd een brandende lucifer net boven de schoorsteen.
5. Draai de gasregelknop een beetje open, zodat de brander met een geeloranje vlam gaat branden.

Je doet de brander op de volgende manier weer uit:

1. Draai de luchtregelring dicht.
2. Draai de gaskraan op je tafel dicht.
3. Draai de gasregelknop dicht.



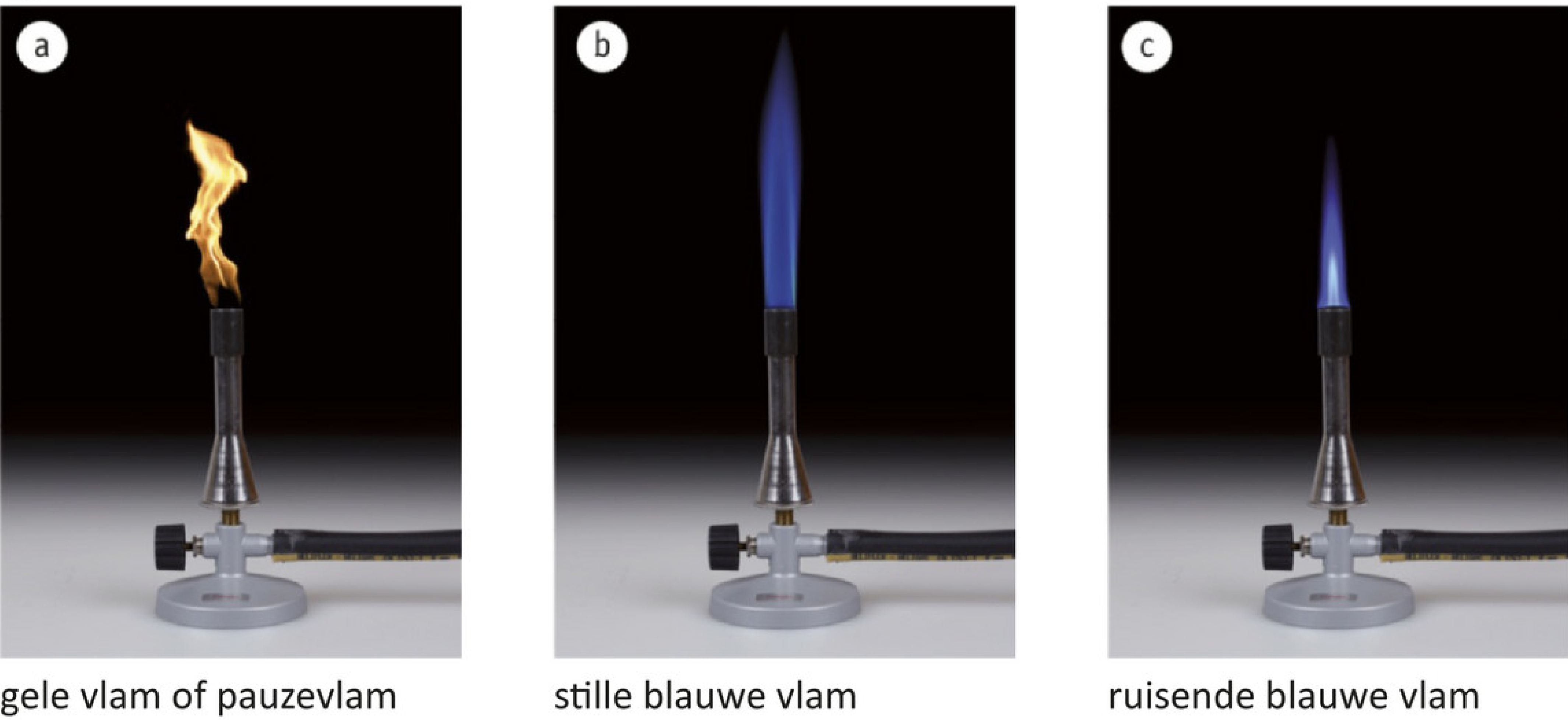

**figuur 7** De onderdelen van de brander.

## DRIE VLAMMEN

Met de brander kun je drie soorten vlammen maken:

- De **pauzevlam** (figuur 8a) gebruik je als je de brander even niet nodig hebt. Een pauzevlam is geeloranje. De pauzevlam is goed zichtbaar, zodat je je niet per ongeluk verbrandt aan de vlam. Voor een pauzevlam draai je de gasregelknop een beetje open en blijft de luchtregelring dicht. De pauzevlam is de minst hete van de drie vlammen. Je mag de pauzevlam nooit gebruiken om een bekerglas of een reageerbuis te verwarmen. Bij een geeloranje vlam verbrandt het aardgas namelijk niet volledig. Er ontstaat roet dat het bekerglas of de reageerbuis zwart maakt. Het is moeilijk om deze weer schoon te maken.
- De **stille blauwe vlam** (figuur 8b) gebruik je als je iets warm moet houden. Ook gebruik je de stille blauwe vlam als je een kleine hoeveelheid vloeistof moet verwarmen, bijvoorbeeld een klein beetje water. Voor een stille blauwe vlam open je de gasregelknop en de luchtregelring een beetje. De stille blauwe vlam is veel heter dan de pauzevlam.
- De **ruisende blauwe vlam** (figuur 8c) is heel heet. De ruisende blauwe vlam is voor een groot deel onzichtbaar. Je ziet alleen de blauwe kegel of kern, maar de vlam is dus veel groter. Je gebruikt de ruisende blauwe vlam om een grote hoeveelheid vloeistof te verwarmen. Bijvoorbeeld om een liter water te koken. Voor een ruisende blauwe vlam draai je de gasregelknop en de luchtregelring ver open.

**figuur 8** Drie verschillende vlammen van een brander.

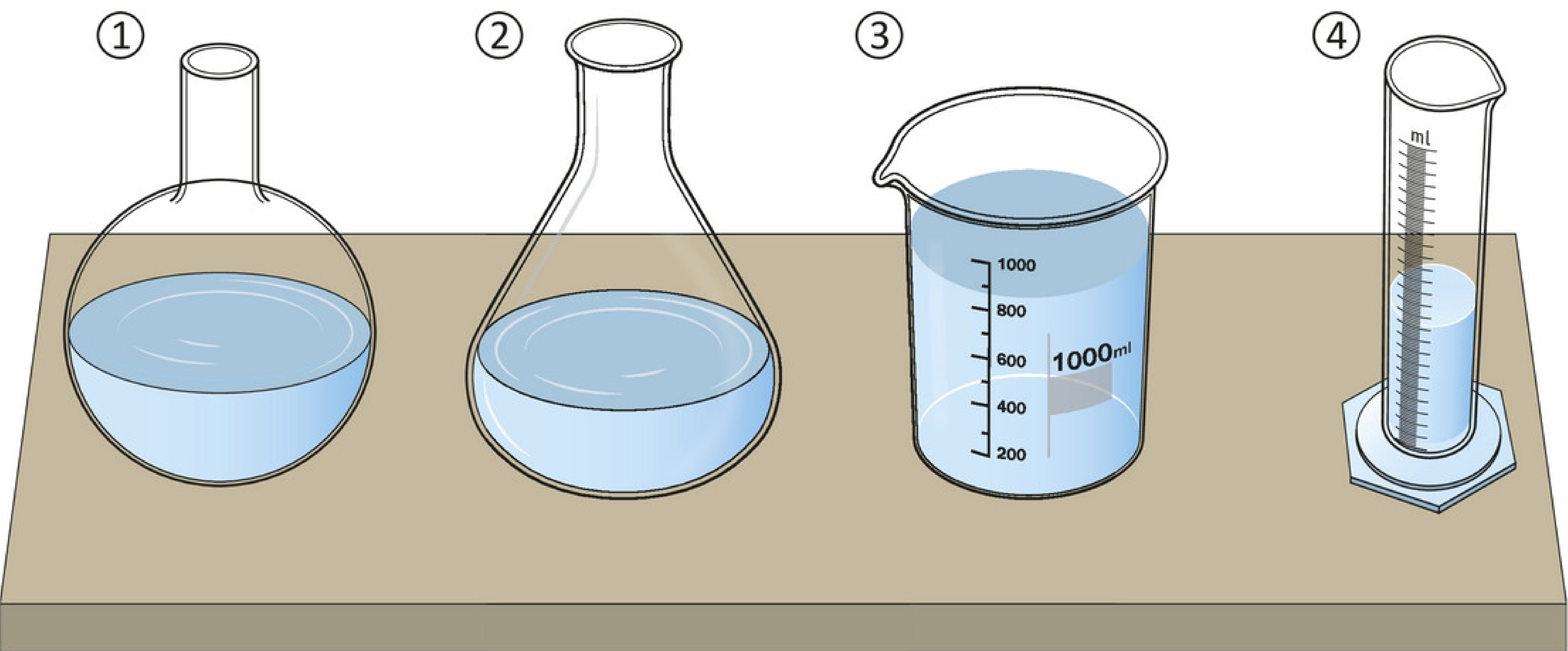



gele vlam of pauzevlam — stille blauwe vlam — ruisende blauwe vlam

**Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

## LEERSTOF

**1** In figuur 9 zie je vier soorten practicummateriaal van glas.
Noteer de naam van elk glas.




**figuur 9** Deze voorwerpen worden veel bij practica gebruikt.

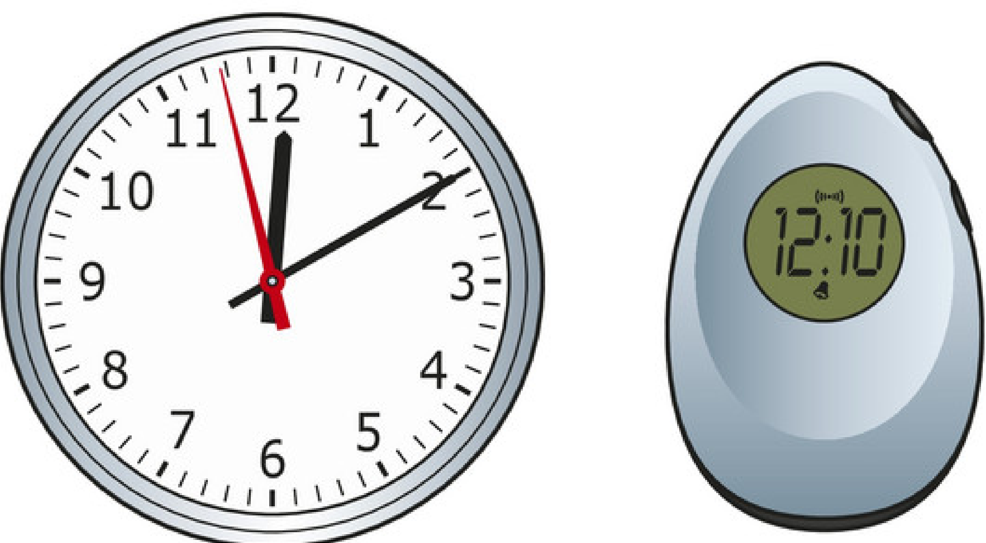
1 ..........................................  3 ..........................................

2 ..........................................  4 ..........................................

**2** Bij practicum heb je verschillende veiligheidsregels.
Noteer drie veiligheidsregels.

**3** Als je een brander aansteekt, moet de luchtregelring *open* / *dicht* zijn.

**4** Bekijk figuur 10.
Welke klok is analoog en welke is digitaal? Leg uit waaraan je dat kunt zien.




**figuur 10** Twee verschillende klokken.

## TOEPASSING

**5** Lees de zinnen over dingen die je kunt doen bij practicum.
Geef aan of het goed of fout is wat er gebeurt.

- **a** Kyra ruikt direct met haar neus aan een open fles. *goed / fout*
- **b** Randjew houdt de reageerbuis met de reageerbuisknijper in een vlam. *goed / fout*
- **c** Carlo zet zijn veiligheidsbril af, terwijl hij een vloeistof verwarmt. *goed / fout*
- **d** Karin heeft lang haar en bindt dat in een staart, die op haar rug hangt. *goed / fout*
- **e** Ineke schuift haar tas onder de tafel voor ze aan het practicum begint. *goed / fout*
- **f** Paul proeft of een vloeistof zoet is. *goed / fout*
- **g** Saar loopt het practicumlokaal uit voor een mentorgesprek en zet de brander op de pauzevlam. *goed / fout*

**6** Carolien stoot per ongeluk haar brander om. De vlam van de brander blijft branden. Carolien raakt in paniek. Jij blijft kalm, want je weet wat je als eerste moet doen.

- ○ A Je draait de gaskraan op haar tafel dicht.
- ○ B Je giet een bekerglas water op de brander.
- ○ C Je pakt de brandblusser en spuit op de brander.
- ○ D Je pakt de brander vast en zet hem rechtop.
- ○ E Je probeert Carolien te troosten.

**7** Schrijf vijf veiligheidsmiddelen op die in het practicumlokaal bij jou op school aanwezig zijn.

**8** Je gaat bij practicum twee bekerglazen met water verwarmen: een klein bekerglas met 100 mL water en een groot bekerglas met 2 L water. Je meet elke 30 s de temperatuur met een thermometer. Je maakt van beide meetseries een grafiek, waarbij je de temperatuur uitzet tegen de tijd.

**a** Welke vlam gebruik je in de volgende situaties?
- Je verwarmt als eerste het bekerglas met 100 mL water.
- Je maakt een grafiek van de metingen van het kleine bekerglas met water.
- Je verwarmt het grote bekerglas met 2 L water.
- Je maakt de grafiek van het grote bekerglas met 2 L water.

**b** Waarom moet je vooral bij het verwarmen van het kleine bekerglas met water erg voorzichtig zijn?

**★ 9** Er is zuurstof nodig om gas te laten branden. Bij het aansteken van de brander is de luchtregelring dicht, zodat er geen lucht met het gas door de schoorsteen kan stromen. Leg uit waarom je toch de brander kunt aansteken.

**★ 10** John heeft twee precies dezelfde dunne kaarsen.

**a** Leg uit hoe hij van één van die kaarsen een klok kan maken.

**b** Welke nadelen heeft deze kaarsenklok?


Test je kennis met de *Test jezelf.*

# Practica

## PROEF 1 ONDERZOEK DOEN

10 minuten

### Inleiding

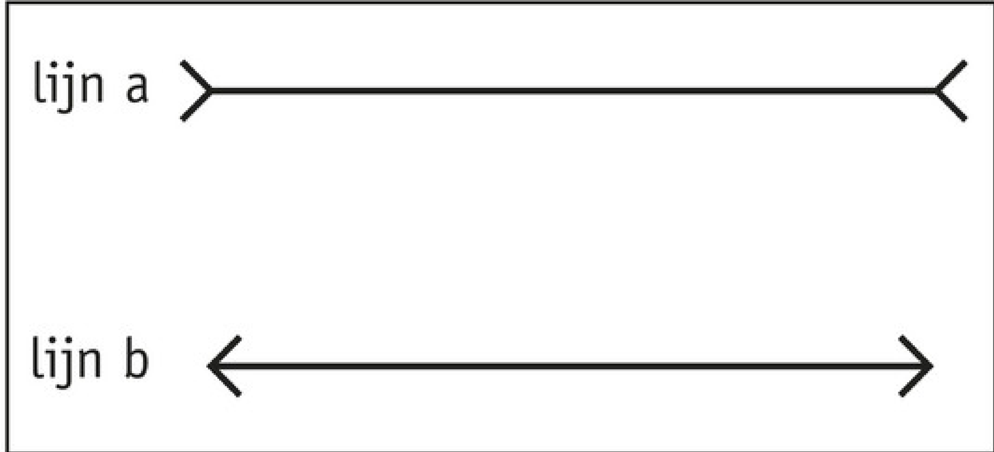
Een onderzoek voer je uit om iets te weten te komen wat voor jou nog onbekend is.

### Doel

Met deze proef formuleer je een onderzoeksvraag en een conclusie voor een onderzoek.

### Nodig

☐ liniaal of geodriehoek




**figuur 1** Twee lijnen.

### Uitvoeren en uitwerken

- Bekijk de twee lijnen in figuur 1. De pijlpunten doen niet mee met de lengte van de lijn.

**1** Bedenk een onderzoeksvraag bij deze twee lijnen.

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

**2** Je mag eerst alleen kijken, dus niet meten.
Wat is je hypothese over de lengte van de twee lijnen?

○ A Lijn a is het langst.
○ B Lijn b is het langst.
○ C Lijn a en b zijn even lang.

- Pak een liniaal of geodriehoek.
- Meet de lengte van de lijnen.

**3** Wat is de conclusie van het onderzoek?

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

**4** Leg uit of je hypothese juist was of niet.

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

## PROEF 2 TEMPERATUURGEVOEL TESTEN

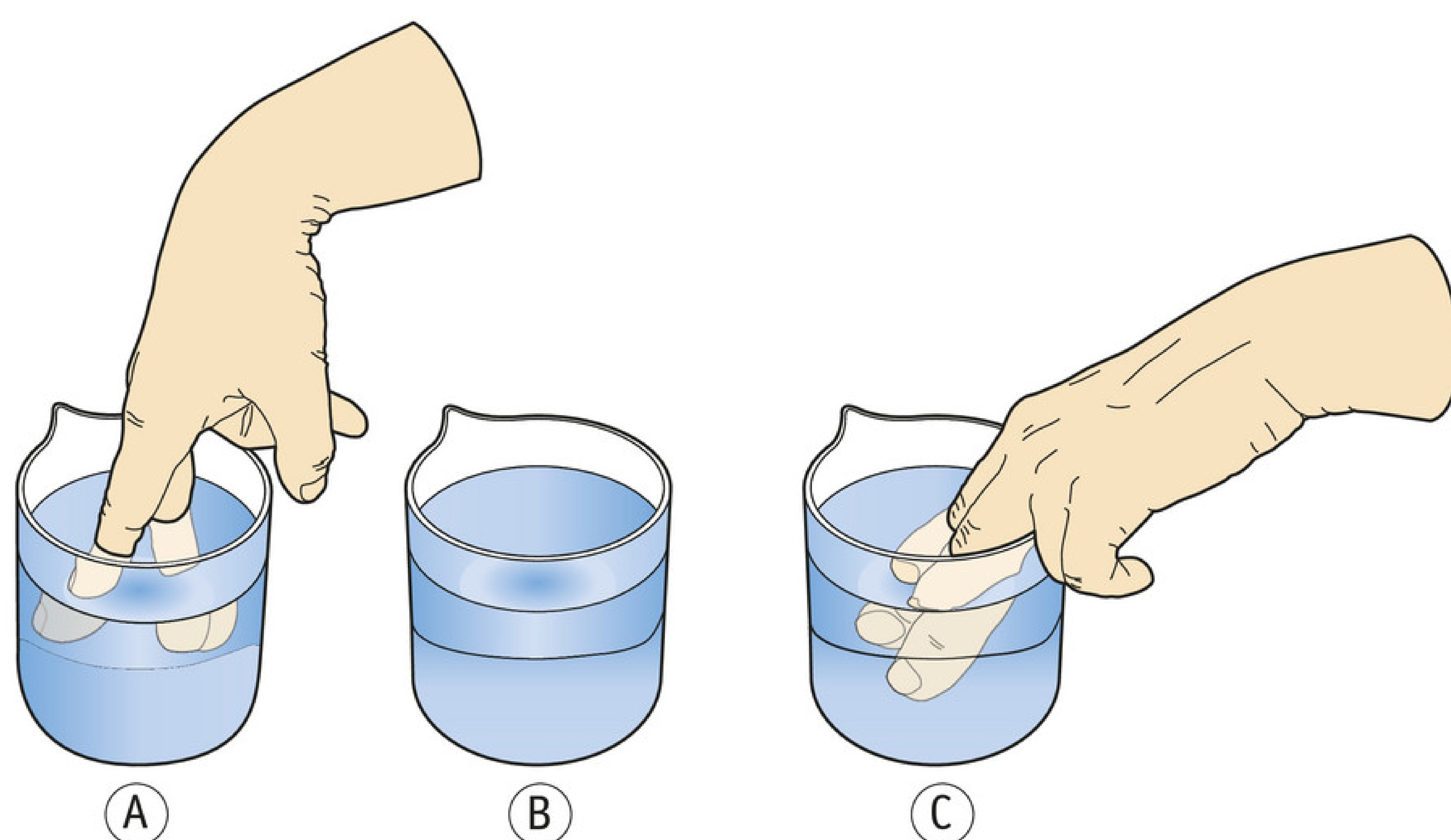
15 minuten

### Inleiding
Met je vingers kun je slecht de temperatuur vaststellen. In deze proef merk je dat je handen ieder zelfs een verschillende temperatuur kunnen waarnemen.

### Doel
Met deze proef onderzoek je hoe nauwkeurig je temperatuurgevoel is.

### Nodig
☐ 3 bekerglazen
☐ warm water

### Uitvoeren en uitwerken
- Vul bekerglas A voor twee derde met warm water.
- Vul bekerglas B voor twee derde met lauw water.
- Vul bekerglas C voor twee derde met koud water.
- Doe twee vingers van je linkerhand in bekerglas A. Doe tegelijk twee vingers van je rechterhand in bekerglas C (figuur 2).
- Haal je vingers na 1 minuut uit de bekerglazen A en C. Doe ze meteen daarna in bekerglas B.




**figuur 2** Je temperatuurgevoel testen.

**1** Hoe voelt het water in bekerglas B aan?
○ A linkerhand koud, rechterhand koud
○ B linkerhand koud, rechterhand lauw
○ C linkerhand lauw, rechterhand koud
○ D linkerhand lauw, rechterhand lauw

**2** Wat weet je nu over de nauwkeurigheid van je temperatuurgevoel?

..........

..........

..........

## PROEF 3 ZUUR AANTONEN

15 minuten

### Inleiding

Met rodekoolsap kun je onderzoeken of er zuur in een vloeistof zit. Je doet een scheutje sap bij de vloeistof en kijkt naar de kleur. Als het sap rood kleurt, is de vloeistof zuur. Als het sap blauwpaars blijft, is de vloeistof niet zuur.

### Doel

Je onderzoekt van vijf vloeistoffen of ze zuur zijn, zonder ze te proeven.

### Nodig

- ☐ rodekoolsap
- ☐ reageerbuis
- ☐ 5 onbekende vloeistoffen
- ☐ pipet

### Uitvoeren en uitwerken

- Vul de reageerbuis voor een kwart met vloeistof 1.
- Voeg met het pipet enkele druppels rodekoolsap toe.

**1** Wat zie je?

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

**2** Noteer in de tweede kolom van tabel 1 'ja' als de vloeistof zuur is en 'nee' als de vloeistof niet zuur is.

**tabel 1** Zijn de vijf vloeistoffen zuur?

| nummer | zuur? | naam vloeistof |
|---|---|---|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |

- Onderzoek de vier andere vloeistoffen op dezelfde manier.

**3** Vul de tweede kolom van de tabel verder in.

- Je docent vertelt je welke vloeistoffen je onderzocht hebt.

**4** Noteer de namen van de onderzochte vloeistoffen in de derde kolom van de tabel.

**5** Van welke vloeistoffen had je niet verwacht dat ze zuur zijn?

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

## PROEF 4 KOOLZUURGAS AANTONEN

10 minuten

### Inleiding
Met kalkwater kun je onderzoeken of er koolzuurgas in je adem zit.

### Doel
Je toont aan dat er koolzuurgas in je adem zit.

### Nodig
- ☐ kalkwater
- ☐ bekerglas
- ☐ rietje

### Uitvoeren en uitwerken
- Vul het bekerglas voor de helft met kalkwater.
- Blaas zacht en voorzichtig door het rietje in het kalkwater.

**1** Wat zie je?

..................................................................................................................................

..................................................................................................................................

**2** Vul in.

Met .................................... kun je aantonen dat er .................................... in je adem zit. Het kalkwater wordt dan .....................................

**3** Welke stof is hier de indicator?

..................................................................................................................................

**4** Je hebt het experiment al uitgevoerd. Eigenlijk begint elk onderzoek met een onderzoeksvraag. Als je nu terugkijkt, welke onderzoeksvraag zou je hierbij dan kunnen stellen?

..................................................................................................................................

..................................................................................................................................

## PROEF 5 WERKEN MET EEN REAGEERBUIS

15 minuten

### Inleiding

Om practicum te doen, moet je technieken leren om het practicummateriaal juist te kunnen gebruiken.

### Doel

Met deze proef leer je twee technieken om een reageerbuis juist te gebruiken.

### Nodig

- ☐ 2 reageerbuizen
- ☐ reageerbuisrek
- ☐ watervaste viltstift
- ☐ meetlat of geodriehoek
- ☐ spuitfles met water
- ☐ poetsdoek
- ☐ keukenzout

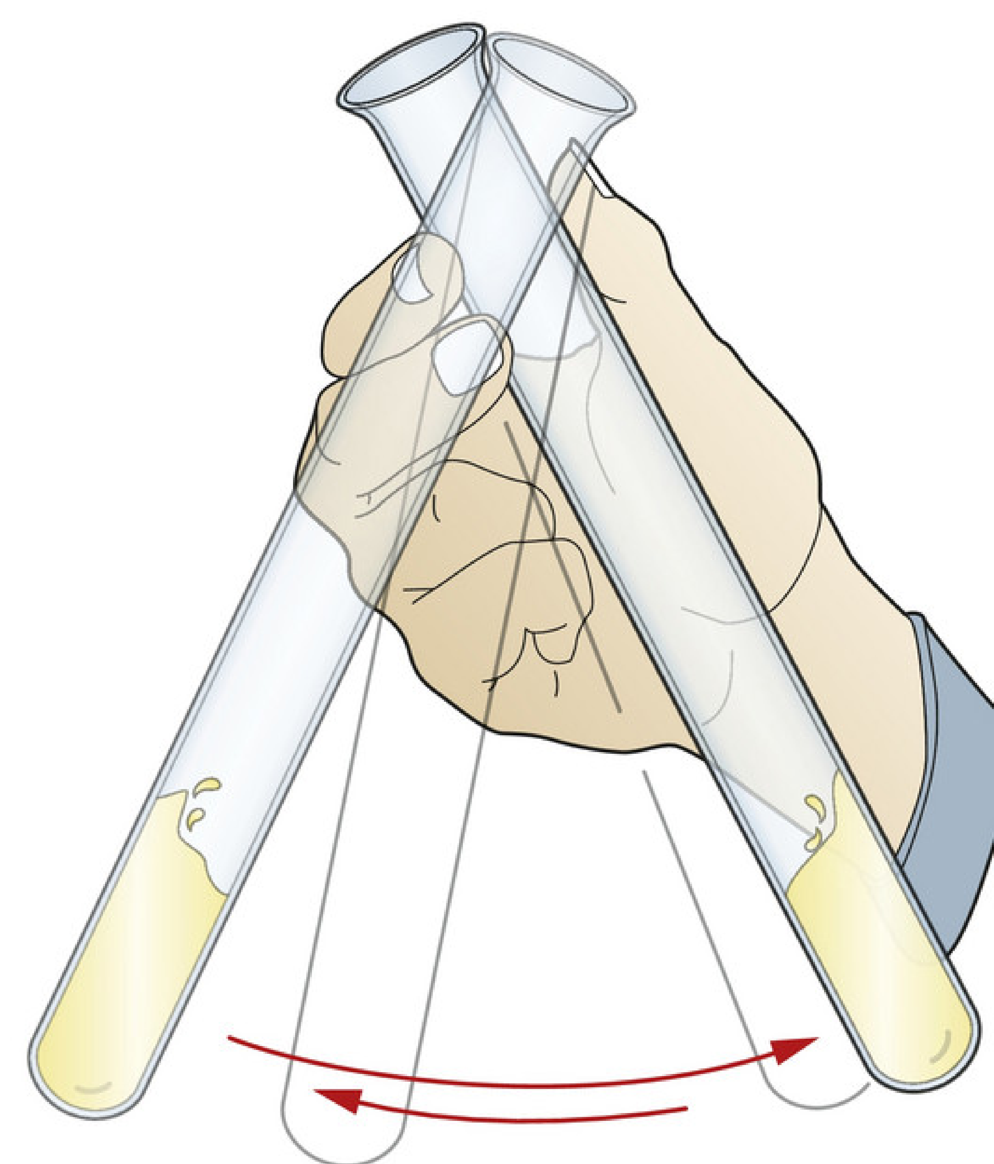
### Uitvoeren en uitwerken

- Pak de twee reageerbuizen uit het rekje.
- Maak de buitenkant van de reageerbuizen goed droog met een doek.
- Zet op elke reageerbuis een dunne streep op 4 cm van de onderkant.
- Vul één reageerbuis precies tot aan het streepje met water rechtstreeks uit de kraan.
- Vul de andere reageerbuis met de spuitfles precies tot de streep met water.

**1** Je moet een reageerbuis precies tot aan een streep vullen.
Wat is de nauwkeurigste manier om dat te doen?
- ○ A Aan de kraan vullen.
- ○ B Met een spuitfles vullen.
- ○ C Aan de kraan vullen of met de spuitbus vullen zijn allebei even nauwkeurig.

- Doe in beide reageerbuizen een beetje keukenzout.
De hoeveelheid keukenzout moet ongeveer gelijk zijn.
- Pak een reageerbuis met water en keukenzout bovenaan vast. Houd de reageerbuis vast tussen duim en wijsvinger.
- Schud de reageerbuis nu voorzichtig heen en weer (figuur 3). Op deze manier de reageerbuis schudden lijkt op het kwispelen van de staart van een hond. Daarom noem je dit kwispelen.

- Kwispel net zolang totdat het zout is opgelost.



**figuur 3** Kwispelen met een reageerbuis.

**2** Is het zout in de reageerbuis waar je niet mee gekwispeld hebt ook opgelost? *ja / nee*

**3** Door te kwispelen lossen stoffen *sneller / minder snel* op.

## PROEF 6 WERKEN MET EEN BRANDER

30 minuten

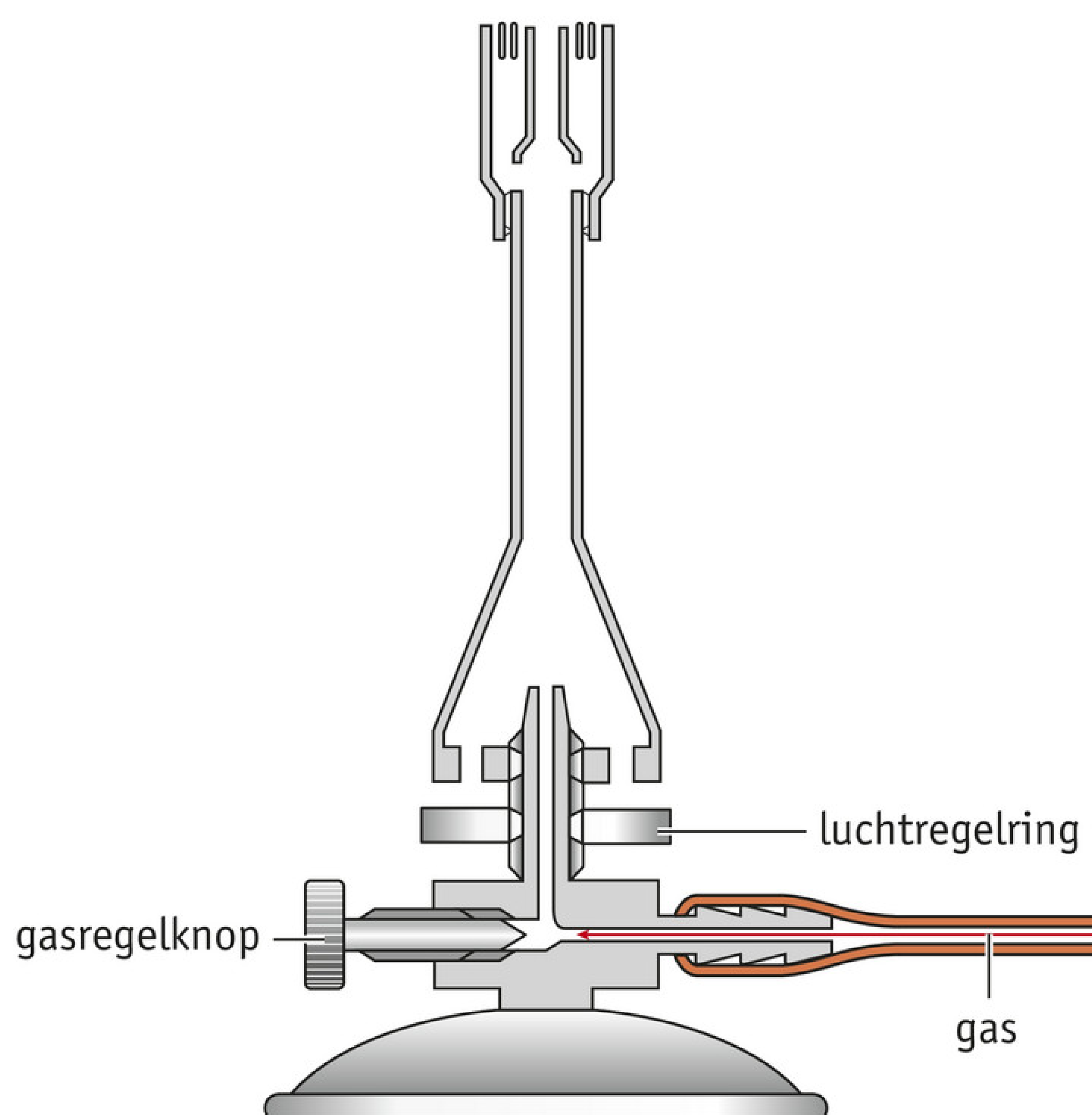
### Inleiding
Bij proeven op school gebruik je vaak een gasbrander om iets te verwarmen. Met zo'n brander moet je altijd voorzichtig werken.

Houd je aan de veiligheidsvoorschriften die je docent met je heeft besproken.

### Doel
Bij deze proef leer je welke eigenschappen een gasvlam heeft en hoe je met een brander moet werken.

### Nodig
- ☐ gasbrander
- ☐ gaasje
- ☐ houten reageerbuishouder
- ☐ lucifers/aansteker

### Uitvoeren en uitwerken
Zie de vaardigheid *Werken met een brander.*
- Controleer of de gasregelknop en de luchtregelring van de gasbrander dichtzitten (figuur 4).
- Draai de gaskraan op je tafel open.
- Houd een brandende lucifer boven de brander en draai de gasregelknop een eindje open.



**figuur 4** De gasbrander.

**1** Welke kleur heeft de vlam van de brander?

.....................................................................

- Draai de luchtregelring een klein eindje open.

**2** Wat gebeurt er met de kleur van de vlam?

.....................................................................

- Draai de luchtregelring nu een flink eind open.

**3** Wat gebeurt er met de kleur van de vlam?

.....................................................................

**4** Wat hoor je?

.....................................................................

- Houd het gaasje verticaal in de vlam (zie figuur 5).

**5** Teken en kleur in figuur 5 wat je ziet.

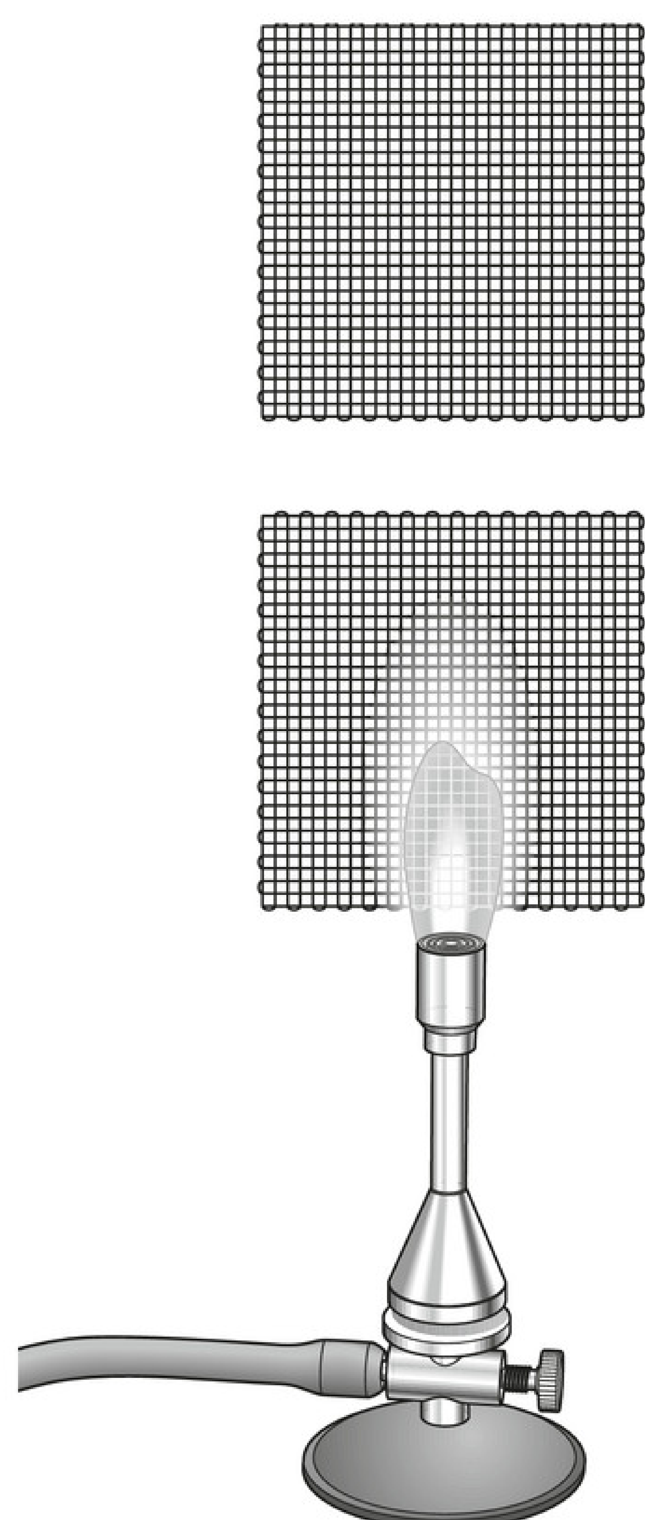
- Houd het gaasje horizontaal in de vlam (zie figuur 6):
  **a** eerst dertig seconden in de blauwe kern van de vlam;
  **b** daarna dertig seconden vlak boven de blauwe kern van de vlam;
  **c** ten slotte dertig seconden boven in de vlam.

**6** Teken en kleur in figuur 6 wat je ziet.

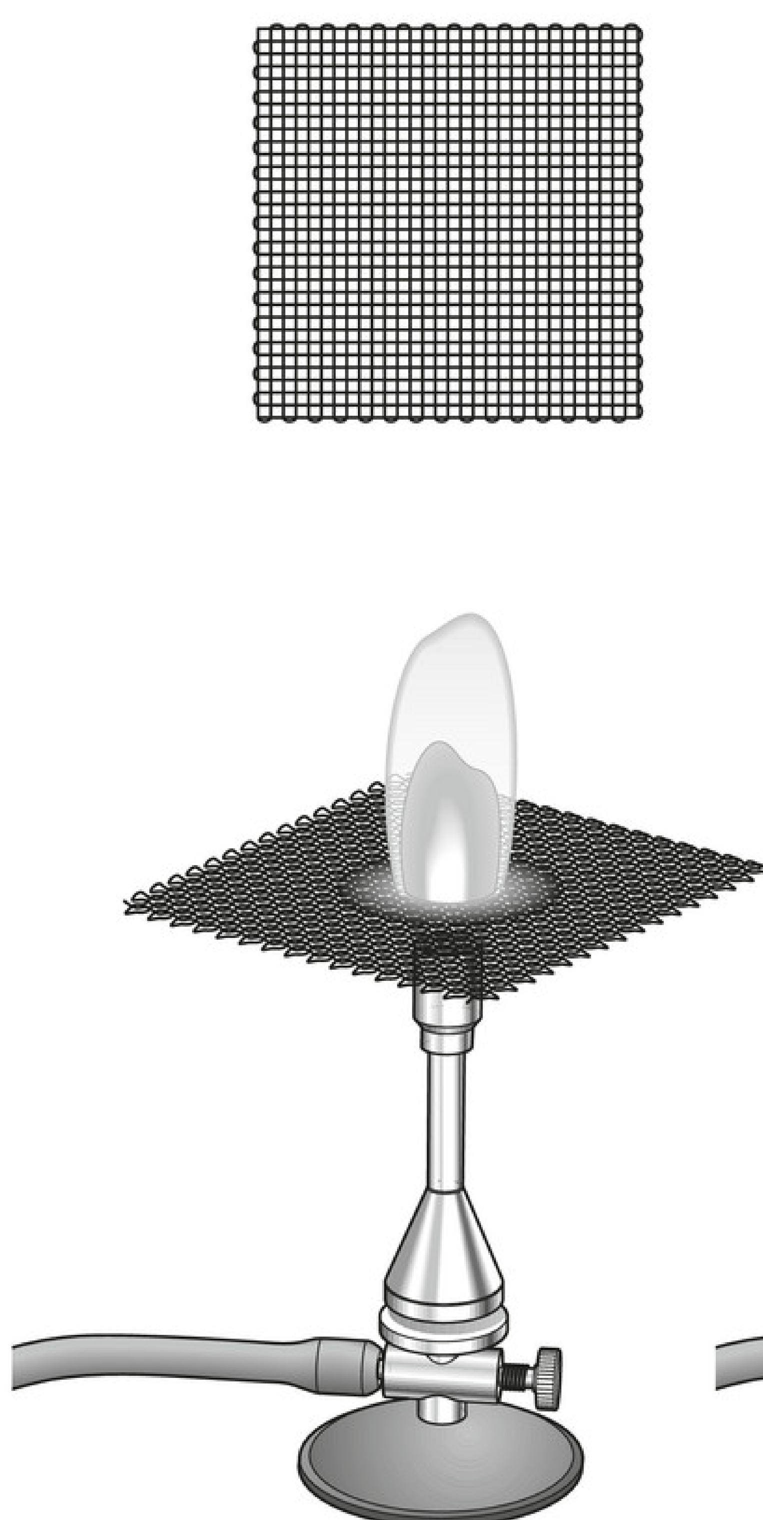
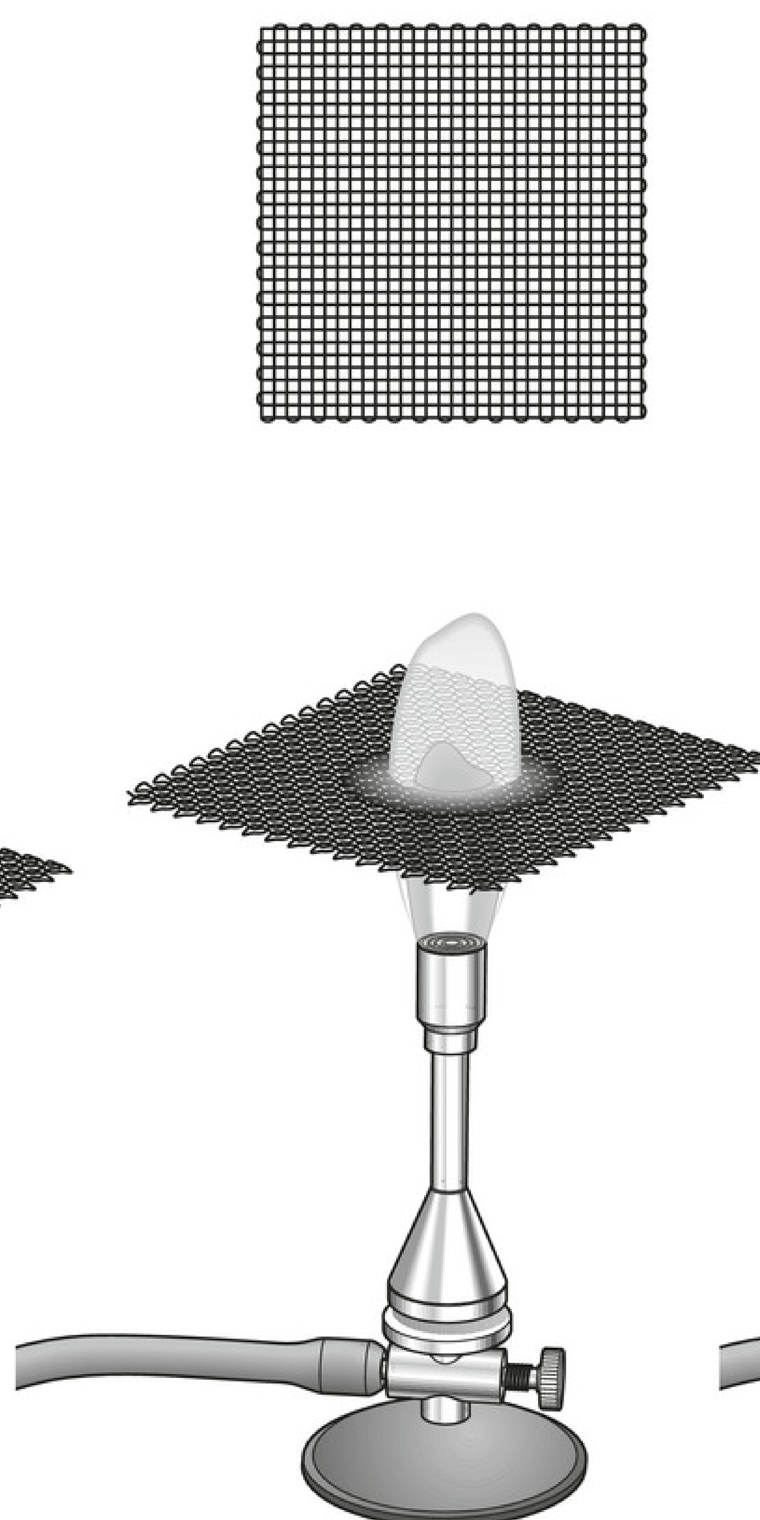
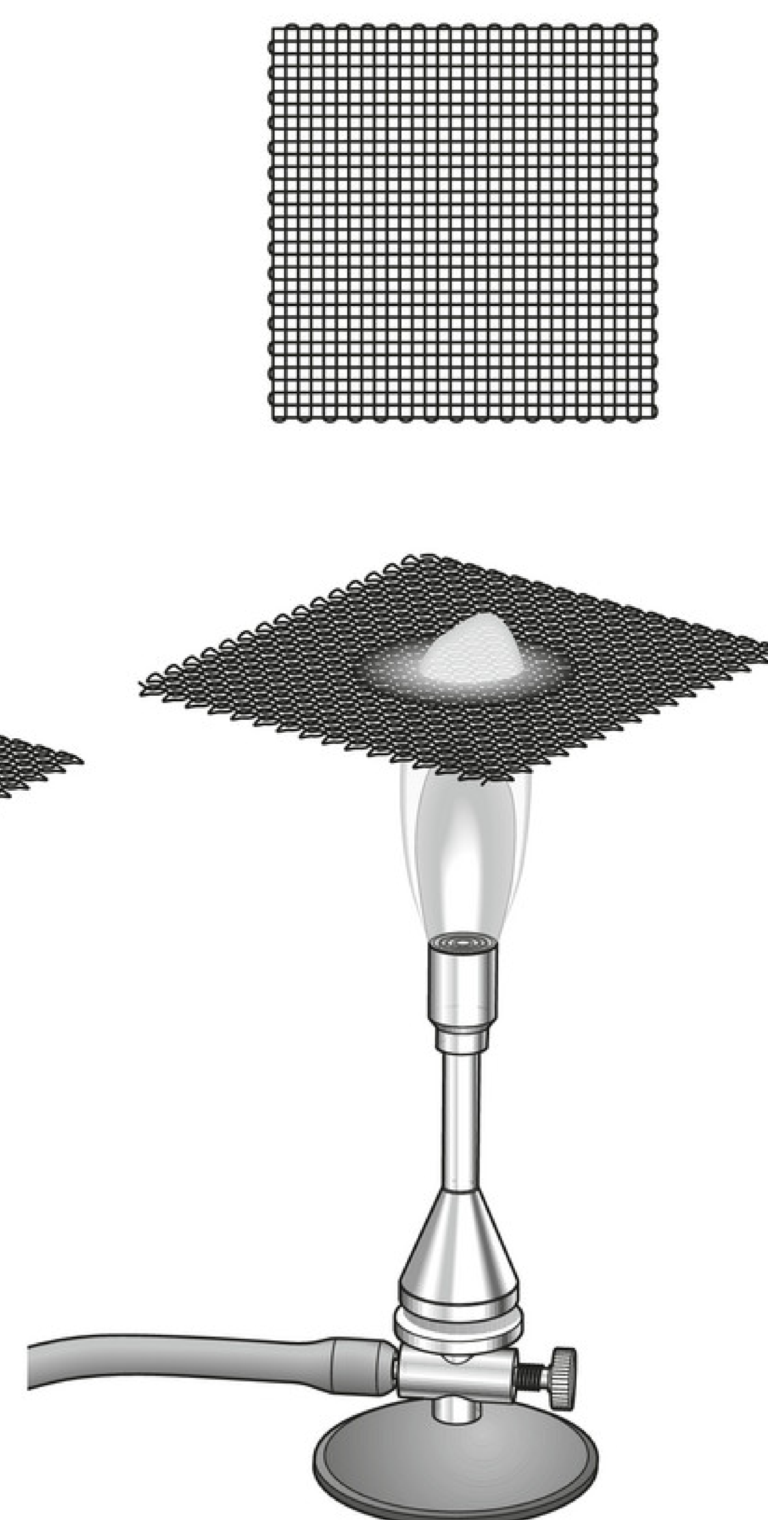
**7** Op welke plaats is de vlam het heetst? Waaraan zie je dat?

.............................................................................................................................................

- Draai de luchtregelring dicht.
- Draai de gaskraan op je tafel dicht.
- Draai de gasregelknop dicht.



**figuur 5** Het gaasje verticaal in de vlam.

**figuur 6** Het gaasje horizontaal in de vlam.

# Leerstofoverzicht

## 1.1 EEN NIEUW VAK

### ONTHOUD

- Wetenschap is het opdoen van kennis en het toepassen van die kennis in ons dagelijks leven.
- Biologie, natuurkunde en scheikunde zijn natuurwetenschappen:
  - biologie bestudeert de levende natuur;
  - natuurkunde bestudeert tijdelijke veranderingen in de niet-levende natuur;
  - scheikunde bestudeert blijvende veranderingen in de niet- levende natuur, waarbij stoffen veranderen in andere stoffen.
- De natuurkundige Röntgen ontdekte stralen die onzichtbaar zijn en die door sommige stoffen heengaan. Hij maakte de eerste röntgenfoto's van lichaamsdelen.

### BEGRIPPEN

**biologie**
Schoolvak dat de levende natuur bestudeert.

**natuurkunde**
Schoolvak dat tijdelijke veranderingen in de niet-levende natuur bestudeert.

**natuurwetenschap**
Wetenschap die de natuur bestudeert.

**röntgenfoto's**
Foto's die worden gemaakt met behulp van röntgenstraling. Ze worden veel gebruikt om breuken in botten op te sporen.

**scheikunde**
Schoolvak dat blijvende veranderingen in de niet-levende natuur bestudeert.

**wetenschap**
Het opdoen van kennis en het toepassen van die kennis in het dagelijks leven.

## 1.2 ONDERZOEKEN

### ONTHOUD

- Natuurkundig en scheikundig onderzoek gaat volgens de wetenschappelijke methode. Deze bestaat uit een aantal stappen:
  - onderzoeksvraag opstellen;
  - hypothese bedenken;
  - experiment bedenken;
  - experiment uitvoeren;
  - meetresultaten weergeven in een tabel en/of grafiek;
  - onderzoeksvraag beantwoorden.
- Een grootheid is een eigenschap die je kunt meten. Een meting bestaat uit een meetwaarde en een eenheid. Een eenheid is een maat waarin je iets uitdrukt.
- Voorbeelden van grootheden zijn lengte, tijd, massa en volume.
- De massa geeft de hoeveelheid stof aan in gram of kilogram. Het volume geeft de hoeveelheid ruimte aan die een voorwerp of een hoeveelheid stof inneemt.
- Met een indicator kun je onderzoeken of een bepaalde stof wel of niet aanwezig is. De indicator verandert van kleur onder invloed van die andere stof.

### BEGRIPPEN

**eenheid**
Maat waarin je iets uitdrukt.

**grootheid**
Eigenschap die je kunt meten.

**hypothese**
Voorlopig antwoord; de uitkomst die je vooraf voorspelt.

**indicator**
Een stof waarmee je de aanwezigheid van een andere stof kunt aantonen.
**meetinstrument**
Gereedschap om te meten.
**meetwaarde**
Het getal dat bij de meting wordt bepaald.
**onderzoeksvraag**
Wat je wilt ontdekken tijdens het onderzoek.
**wetenschappelijke methode**
Het doen van onderzoek volgens een aantal vaste stappen.
**zintuig**
Onderdeel van je lichaam waarmee je kunt waarnemen.

## 1.3 PRACTICUM

### ONTHOUD

- Practicum is het uitvoeren van experimenten, waarbij je practicummateriaal gebruikt.
- Je moet altijd voorzichtig experimenteren. Je moet je daarom houden aan de veiligheidsregels.
- Bij het uitvoeren van een experiment moet je waarnemen en meten met behulp van meetinstrumenten.
- Een analoog meetinstrument geeft de meetwaarde aan met een wijzer op een schaalverdeling. De schaalverdeling op een analoog meetinstrument bestaat uit streepjes op regelmatige afstand van elkaar met daarbij een reeks getallen waarmee je een meetwaarde kunt aflezen.
- Een digitaal meetinstrument geeft de meetwaarde aan met cijfers op een scherm.
- Bij natuur- en scheikunde gebruik je de brander om stoffen te verwarmen.
- Met de brander kun je drie soorten vlammen maken:
  – De geeloranje pauzevlam gebruik je als je de brander even niet nodig hebt. Deze vlam is het minst heet. Je mag hiermee nooit een bekerglas of reageerbuis verwarmen, omdat er roet bij ontstaat.
  – De stille blauwe vlam gebruik je als je een kleine hoeveelheid vloeistof moet verwarmen of als je iets warm moet houden. Deze vlam is heet.
  – De ruisende blauwe vlam is zeer heet. Deze vlam is voor een groot deel onzichtbaar, want je ziet alleen maar de blauwe kegel oftewel kern. Je gebruik deze vlam om een grote hoeveelheid vloeistof te verwarmen.

### BEGRIPPEN

**analoog (meetinstrument)**
Meetinstrument met wijzers en een schaalverdeling.
**digitaal (meetinstrument)**
Meetinstrument met cijfers op een scherm.
**gasregelknop**
Onderdeel van de brander waarmee je meer of minder gas in de brander kunt laten.
**luchtregelring**
Onderdeel van de brander waarmee je meer of minder lucht bij het gas kunt laten.
**pauzevlam**
Geeloranje vlam van de brander.
**practicum**
Het uitvoeren van experimenten bij natuurkunde en scheikunde.
**ruisende blauwe vlam**
Heetste blauwe vlam van de brander die geluid maakt.
**schaalverdeling**
Streepjes op regelmatige afstand van elkaar met daarbij een reeks getallen waarmee je een meetwaarde kunt aflezen.
**schoorsteen**
Buis die boven op de luchtregelring van een brander staat, waarin lucht en gas gemengd worden.
**stille blauwe vlam**
Geluidloze blauwe vlam van de brander.
**veiligheidsregels**
Regels waar je je tijdens practicum aan moet houden.


Ga naar de *Flitskaarten* en de *Diagnostische toets*.

# 2 Stoffen

**WERKEN MET STOFFEN**

**Stoffen gebruik je elke dag: je doet suiker in je thee, wast je haar met shampoo, spoelt je glas om met water, spuit deodorant op je huid enzovoort. En je wast je ramen met behulp van ammonia, spiritus of azijn. Om met stoffen te kunnen werken, moet je hun eigenschappen kennen.**



# 1 Stoffen in huis

## LEERDOELEN

2.1.1 Je kunt vier stofeigenschappen benoemen die gebruikt worden om stoffen te herkennen.
2.1.2 Je kunt stoffen herkennen aan hun stofeigenschappen.
2.1.3 Je kunt uitleggen in welke gevallen een stof gevaarlijk kan zijn.
2.1.4 Je kunt de betekenis van gevarensymbolen beschrijven.
EXTRA 2.1.5 Je kunt het verschil uitleggen tussen H- en P-zinnen.

| TAXONOMIE | LEERDOELEN EN OPDRACHTEN | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 2.1.1 | 2.1.2 | 2.1.3 | 2.1.4 | 2.1.5 |
| Onthouden | 1ab | 2abcd | | | |
| Begrijpen | | 4abcd | 3a | 3b | 8abc |
| Toepassen | | 5b, 6ab | 7abc | | 9abcd |
| Analyseren | | 5a | | | |

**Overal in huis vind je flessen, potjes en blikken met stoffen. Kijk maar eens rond in de keuken, de badkamer, de garage, het medicijnkastje enzovoort. Je komt er stoffen tegen zoals keukenzout, suiker, azijn, spiritus, tandpasta, wasbenzine, motorolie, paracetamol, afwasmiddel enzovoort (figuur 1).**



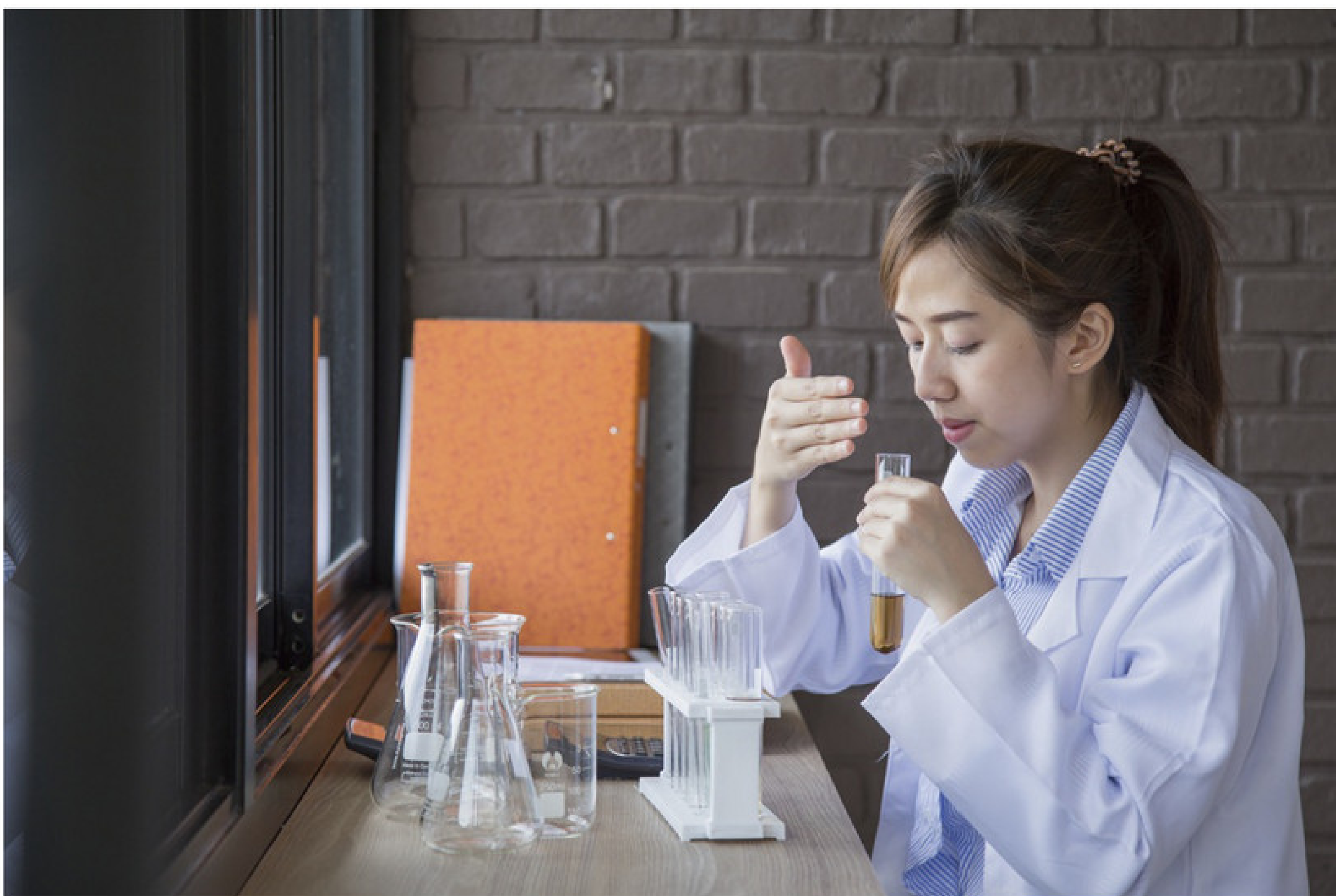
**figuur 1** Enkele stoffen die je thuis kunt tegenkomen.

## STOFFEN HERKENNEN

Sommige stoffen in huis lijken veel op elkaar. Je ziet dan niet meteen met welke stof je te maken hebt. Wasbenzine, water en alcohol zien er bijvoorbeeld precies hetzelfde uit. Het zijn alle drie heldere, kleurloze vloeistoffen.

Soms helpt het om aan de stoffen te ruiken. Veel stoffen hebben een kenmerkende geur waaraan je ze meteen herkent. Denk aan de geur van benzine of de geur van het chloorgas dat je in een zwembad ruikt.

Je moet daarbij wel oppassen: sommige stoffen kunnen de slijmvliezen van neus en longen irriteren. Ruik daarom voorzichtig: haal de dop van de fles, wuif met je hand boven de hals heen en weer en snuif een beetje van de damp op (figuur 2). Zo voorkom je dat je te veel van een irriterende stof binnenkrijgt.



**figuur 2** Zo kun je veilig aan een fles ruiken.

## STOFFEN ONDERSCHEIDEN

PROEF 1

Eigenschappen waaraan je stoffen kunt herkennen, noem je **stofeigenschappen**. Je kunt ze gebruiken om stoffen van elkaar te onderscheiden. Voorbeelden van stofeigenschappen zijn:

- geur: alcohol heeft een andere geur dan benzine;
- kleur: koper is rood-oranje, goud is geel, lood is grijs;
- smaak: suiker smaakt zoet, keukenzout smaakt zout;
- **brandbaarheid**: benzine is brandbaar, water niet.

## STOFFEN EN VEILIGHEID

Sommige stoffen die in het huishouden worden gebruikt, kunnen gevaarlijk zijn. Denk maar eens aan spiritus, wasbenzine, chloor, ammonia en allerlei medicijnen. Een stof kan bijvoorbeeld gevaarlijk zijn:

- als je de stof inademt;
- als je de stof inslikt;
- als je de stof op je huid, in je ogen of op je kleren krijgt;
- als je er met vuur bij komt;
- als je de stof met een andere stof mengt.

Daarom staan er waarschuwingen op de verpakkingen van gevaarlijke stoffen. De gevaren worden bovendien aangegeven met pictogrammen. Zo'n pictogram wordt ook wel een **gevarensymbool** genoemd. In figuur 3 vind je zes gevarensymbolen met hun betekenis.

**figuur 3** Zes gevarensymbolen en hun betekenis.

| pictogram | betekenis + uitleg |
|---|---|
| | **corrosief**<br>kan materialen, ogen en huid ernstig aantasten |
| | **explosief**<br>kan door een vonk of schok ontploffen |
| | **ontvlambaar**<br>kan heel gemakkelijk in brand vliegen |
| | **oxiderend**<br>kan brandbare stoffen heviger laten branden |
| | **giftig**<br>kan je ernstig ziek maken / dodelijk zijn |
| | **schadelijk, irriterend**<br>is schadelijk, kan ogen en huid irriteren |

Flessen met gevaarlijke stoffen hebben vaak kindveilige doppen. Deze moet je eerst stevig indrukken, voordat je ze kunt losschroeven.



**Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

## EXTRA H-ZINNEN EN P-ZINNEN

In figuur 4 zie je het etiket op een fles gootsteenontstopper. Op het etiket staan, behalve een pictogram, ook een aantal H- en P-zinnen. Een H-zin geeft aan voor welk gevaar je moet oppassen. De H staat voor *Hazard* (gevaar). Een P-zin geeft aan welke voorzorgsmaatregelen je moet nemen. De P staat voor *Precaution* (voorzorgsmaatregel).

Gootsteenontstopper is een schadelijke stof. Het kan je ogen en je huid ernstig aantasten. De H-zinnen maken het gevaar duidelijk, zoals in H319: veroorzaakt ernstige oogirritatie. In de P-zinnen staan passende voorzorgsmaatregelen, zoals in P280: beschermende handschoenen, oogbescherming, beschermende kleding dragen.

Een fabrikant mag de H- en P-zinnen niet zelf verzinnen, maar moet zich houden aan een officieel vastgestelde lijst. Die lijst is sinds 2015 in de Europese Unie van kracht: het GHS (*Globally Harmonised System of Classification and Labelling of Chemicals*). Voor 2015 werd er een systeem gebruikt met R- en S-zinnen. De R stond voor *Risk* (gevaar) en de S voor *Safety* (veiligheid). Op internet kom je nog veel verouderde informatie over dit systeem tegen.

Gevaar

**Gevaarlijke bestanddelen: natriumhypochloriet. Gevarenaanduidingen (CLP): H315** – Veroorzaakt huidirritatie | **H319** – Veroorzaakt ernstige oogirritatie | **H412** Schadelijk voor in het water levende organismen, met langdurige gevolgen. Veiligheidsaanbevelingen (CLP): **P102** – Buiten het bereik van kinderen houden | **P280** – beschermende handschoenen, oogbescherming, beschermende kleding dragen | **P302+P352** – BIJ CONTACT MET DE HUID: met veel water en zeep wassen | **P305+P351+P338** – BIJ CONTACT MET DE OGEN: voorzichtig afspoelen met water gedurende een aantal minuten; contactlenzen verwijderen, indien mogelijk; blijven spoelen | **P332+P313** – Bij huidirritatie: een arts raadplegen, **P337+P313** – Bij aanhoudende oogirritatie: een arts raadplegen | **P501** – inhoud/verpakking afvoeren volgens de lokale regelgeving. EUH**206** – Let op! Niet in combinatie met andere producten gebruiken. Er kunnen gevaarlijke gassen (chloor) vrijkomen.

| Ingrediënten | % |
|---|---|
| Anionogene oppervlakte-actieve stoffen | <5% |
| Natriumhypochloriet | <5% |

**figuur 4** De veiligheidsinformatie op het etiket van gootsteenontstopper.

## LEERSTOF

**1** Bij natuur- en scheikunde gaat het vaak over stofeigenschappen.
- **a** Wat wordt bedoeld met ‘een stofeigenschap’?
- **b** Geef vier voorbeelden van stofeigenschappen.

**2** Geef van elke stof één of twee kenmerkende eigenschap(pen) aan.
- **a** koper *brandbaarheid / geur / kleur / smaak*
- **b** benzine *brandbaarheid / geur / kleur / smaak*
- **c** suiker *brandbaarheid / geur / kleur / smaak*
- **d** alcohol *brandbaarheid / geur / kleur / smaak*

**3** Op een tafel in een laboratorium staan drie stoffen:
- een corrosieve stof;
- een ontvlambare stof;
- een oxiderende stof.

**a** Leg van elke stof uit waarom deze gevaarlijk is.
**b** Geef van elke stof aan welk symbool uit figuur 3 erbij hoort.

A corrosieve stof ○ ○ 1


B ontvlambare stof ○ ○ 2


C oxiderende stof ○ ○ 3


D giftig ○ ○ 4


E schadelijk, irriterend ○ ○ 5


F explosief ○ ○ 6


## TOEPASSING

**4** Noteer een kenmerkende eigenschap van:
**a** azijn.
**b** lood.
**c** olijfolie.
**d** spiritus.

**5** Carlo heeft in zijn schuur een fles met mineraalwater, een fles met alcohol en een fles met wasbenzine. Na verloop van tijd zijn de etiketten op de flessen onleesbaar geworden. Bovendien zien de drie flessen er precies hetzelfde uit.
**a** Hoe kan hij erachter komen welke stof in welke fles zit?
**b** Aan welke stofeigenschap kan hij deze stoffen dus herkennen?

**6** Dezelfde stof kan er toch heel verschillend uitzien.
**a** Hoe kan suiker eruitzien? Denk eraan hoe suiker verkocht wordt.
**b** Hoe kan water eruitzien, bijvoorbeeld bij allerlei weersverschijnselen?

★ 7 Als je met gevaarlijke stoffen werkt, geldt de regel: voorkomen is beter dan genezen. Een rokende automobilist doet daarom eerst zijn sigaret uit, voor hij benzine gaat tanken. Noteer een passende veiligheidsmaatregel (zelf bedenken) voor iemand:

**a** die een verstopte afvoer openmaakt met gootsteenontstopper (corrosief).
**b** die een deur voor het schilderen reinigt met een sterk verdunde ammoniakoplossing (irriterend voor de ogen, de huid en slijmvliezen van neus en longen).
**c** die vetvlekken uit een broek haalt met wasbenzine (ontvlambaar).


**Test je kennis met de *Test jezelf*.**

## EXTRA H-ZINNEN EN P-ZINNEN

**8** Op het etiket van een fles spiritus staan zes zinnen:

A Ontvlambare vloeistof en damp.
B In goed gesloten verpakking bewaren.
C Verwijderd houden van warmte/vonken/open vuur/hete oppervlakken en andere ontstekingsbronnen. – Niet roken.
D Schadelijk bij inslikken.
E Buiten het bereik van kinderen bewaren.
F NA INSLIKKEN: onmiddellijk het antigifcentrum of een arts raadplegen.

**a** Geef van elke zin aan of het om een H-zin of P-zin gaat.
**b** In welke zinnen staan maatregelen om ongelukken te voorkomen?
☐ A
☐ B
☐ C
☐ D
☐ E
☐ F
**c** Welke zin vertelt je wat je moet doen als er toch iets fout gaat?
○ A
○ B
○ C
○ D
○ E
○ F

**9** Zoek en noteer een P-zin die je kunt tegenkomen:
**a** op de verpakking van een corrosieve stof.
**b** op de verpakking van een giftige stof.
**c** op de verpakking van een ontvlambare stof.
**d** op de verpakking van een oxiderende stof.

# 2 Zuivere stoffen en mengsels

**LEERDOELEN**

2.2.1 Je kunt het verschil aangeven tussen zuivere stoffen en mengsels.
2.2.2 Je kunt uitleggen wat een molecuul is en uitleggen uit welke soorten moleculen zuivere stoffen en mengsels bestaan.
2.2.3 Je kunt oplossingen en suspensies onderscheiden.
2.2.4 Je kunt beschrijven hoe je stoffen kunt scheiden door middel van extraheren of filtreren.
EXTRA 2.2.5 Je kunt de werking van alcohol als oplosmiddel uitleggen.

| TAXONOMIE | LEERDOELEN EN OPDRACHTEN | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 2.2.1 | 2.2.2 | 2.2.3 | 2.2.4 | 2.2.5 |
| Onthouden | 3ef | 1, 2ab | 3bcd | 3a, 4abcde | 10a |
| Begrijpen | | | 5abcd, 6abc | 7abcd | |
| Toepassen | | | 9a | 8a, 9b | 10bcd, 11a |
| Analyseren | | | | 8b | 11bcd |

**Water uit de kraan bestaat uit veel meer stoffen dan alleen water. Door stoffen te combineren, verandert de smaak van het water. Daarom kun je in de supermarkt ook kiezen uit meerdere soorten mineraalwater, die allemaal net iets anders smaken.**

## MENGSELS EN ZUIVERE STOFFEN

In figuur 1 zijn de ingrediënten op het etiket van een fles ice tea afgebeeld. Water is het hoofdbestanddeel, zoals in alle frisdranken, en staat daarom voorop. De ice tea bestaat verder uit zoetstoffen, zuren en geur- en smaakstoffen. Ook zit er een conserveermiddel in. Al deze stoffen worden afzonderlijk op het etiket vermeld.

Koolzuurvrije frisdrank met groene thee-extract.

**Ingrediënten**: water, invertsuiker, fructose, groene thee-extract, voedingszuur: citroenzuur, aroma zuurteregelaar: natriumcitraat, antioxidant: ascorbinezuur. IJskoud serveren.
**Na openen beperkt houdbaar en bewaren in de koelkast. Ten minste houdbaar tot einde: zie boven.**
**INH. 1,5L** e

**figuur 1** De ingrediënten van ice tea.

De meeste stoffen die je thuis tegenkomt, zijn **mengsels**. Dat zie je meteen als je op de verpakking van een voedingsmiddel of een medicijn kijkt. Daarop staat een lijst met de verschillende stoffen die in het product zitten: de ingrediënten. Soms zijn de ingrediënten zelf ook weer mengsels.

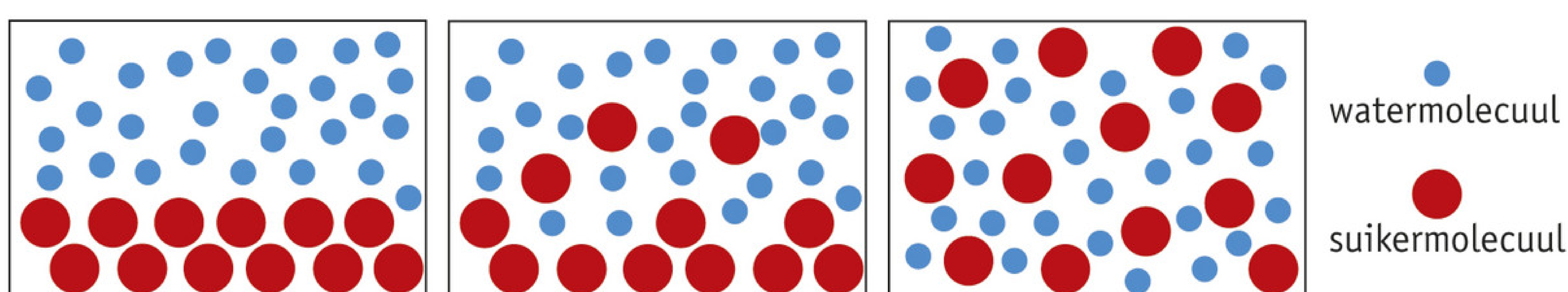
Stoffen die geen mengsel zijn, worden **zuivere stoffen** genoemd. Een voorbeeld van zo'n zuivere stof is kristalsuiker. In een pak suiker zit alleen maar suiker; er zitten geen andere stoffen doorheen. Ook keukenzout waar geen jodium aan is toegevoegd, is een zuivere stof.

Natuurwetenschappers zijn na veel onderzoek tot de conclusie gekomen dat stoffen bestaan uit heel kleine deeltjes. Deze deeltjes worden **moleculen** genoemd. Een zuivere stof bestaat uit één soort moleculen: zuiver water bestaat alleen uit watermoleculen, zuivere suiker alleen uit suikermoleculen, zuivere alcohol alleen uit alcoholmoleculen. Een mengsel bestaat uit verschillende soorten moleculen.

## OPLOSSINGEN

Als je suiker in een glas heet water doet en even roert, zie je dat de suikerkorreltjes verdwijnen. Je zegt dat de suiker oplost in het water. Het mengsel dat je zo krijgt, wordt een **oplossing** genoemd. Water is hierbij het oplosmiddel, suiker de opgeloste stof. Dat de suiker niet echt verdwenen is, merk je als je het water proeft: dat smaakt nu zoet.

Als een vaste stof zoals suiker oplost, verspreiden de moleculen van die stof zich tussen de moleculen van het oplosmiddel. In figuur 2 kun je zien hoe je je dat kunt voorstellen. Na verloop van tijd is de vaste stof volledig opgelost. De moleculen van de opgeloste stof worden dan aan alle kanten omringd door moleculen van het oplosmiddel.




**figuur 2** Als suiker oplost, verspreiden de suikermoleculen zich tussen de watermoleculen.

Veel van de stoffen die je thuis vindt, zijn oplossingen. Voorbeelden zijn thee, sport- en frisdranken, deodorant en parfums.

## OPLOSSINGEN EN SUSPENSIES HERKENNEN

PROEF 2

Oplossingen zijn helder en blijven altijd perfect gemengd. Cola is een goed voorbeeld: de frisdrank verandert niet als je hem in de kast laat staan: na een jaar is de frisdrank nog even goed gemengd als op de dag dat je hem kocht. Als een mengsel troebel (ondoorzichtig) is en na verloop van tijd ontmengt, kan het dus geen oplossing zijn.

Verf bijvoorbeeld is geen oplossing, maar een **suspensie**: een vloeistof waarin een fijnverdeeld poeder zweeft. Omdat verf ontmengt – het poeder zakt na verloop van tijd naar de bodem van het blik – moet je verf roeren voor gebruik. Als er op een stof 'schudden voor gebruik' of 'roeren voor gebruik' staat, is het waarschijnlijk een suspensie.

Op een fles mineraalwater kan staan dat er 'zuiver mineraalwater' in de fles zit. Toch is mineraalwater scheikundig gezien geen zuivere stof. Er zitten allerlei opgeloste stoffen in het water, zoals je op het etiket kunt zien. Het woord 'zuiver' betekent in dit geval dat het water niet verontreinigd is met gevaarlijke stoffen of bacteriën. Je kunt het zonder gevaar voor je gezondheid drinken.

## DE GROOTTE VAN MOLECULEN

Moleculen zijn onvoorstelbaar klein. Hun afmetingen worden daarom gemeten in nanometers. Eén nanometer is een miljardste van een meter: 1 nm = 0,000 000 001 m. De diameter van een watermolecuul is ongeveer 0,15 nm. Een suikermolecuul is iets groter, met een diameter van 1 nm.

Het volgende voorbeeld laat je zien hoe klein één watermolecuul is. Stel je voor dat je een pingpongbal kunt 'opblazen' tot de grootte van de aarde. Als je een watermolecuul op dezelfde manier zou 'opblazen', dan zou die even groot worden als de pingpongbal. De aarde is ongeveer 300 miljoen keer zo groot als een pingpongbal, en een pingpongbal is ongeveer 300 miljoen keer zo groot als een watermolecuul (figuur 3).

**figuur 3** Van een watermolecuul naar een pingpongbal naar de aarde is de stap telkens even groot.



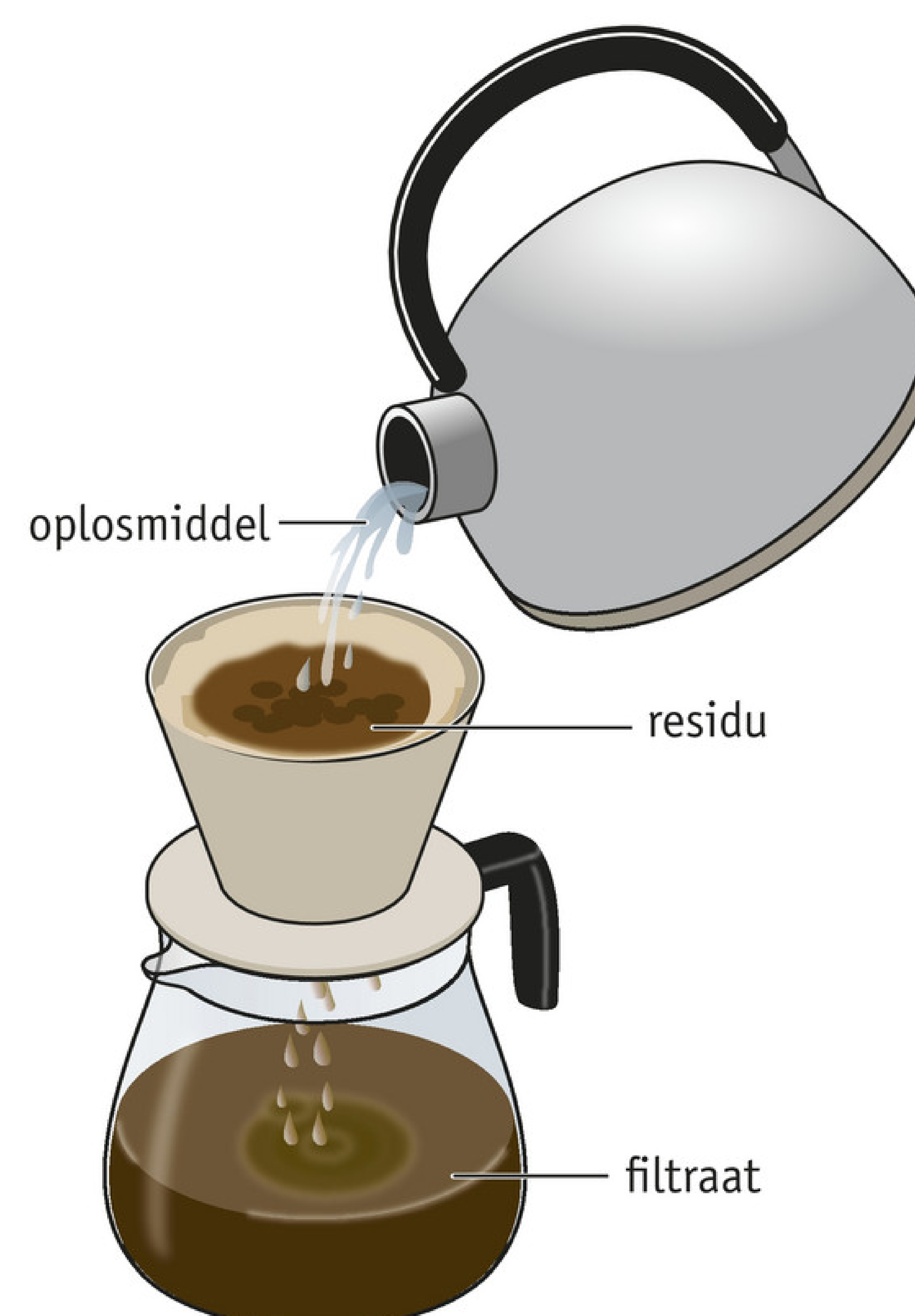
Dat moleculen zo klein zijn, betekent dat ze door heel kleine openingen passen. Dat merk je als je een oplossing in een thee- of koffiefilter giet. Er blijft niets in het filter achter. De moleculen kunnen het filter passeren door kleine openingen tussen de papiervezels. Ook al zijn die openingen voor mensen niet zichtbaar, voor moleculen zijn het enorme gaten.

## MENGSELS EXTRAHEREN EN FILTREREN

PROEF 3

Als je heet water bij gemalen koffie doet (figuur 4), lossen de geur-, kleur- en smaakstoffen in de koffie op in het water. Je gebruikt het hete water dus om de geur-, kleur- en smaakstoffen uit de koffie te halen. Dit wordt **extraheren** (letterlijk: eruit trekken) genoemd. Je extraheert de geur-, kleur- en smaakstoffen met heet water als oplosmiddel.

Om het koffiedik (de 'koffieprut') te verwijderen, gebruik je een filter. De koffie kan gemakkelijk door de openingen in het filter stromen. Het koffiedik kan dat niet. Dat bestaat uit korrels die veel te groot zijn voor de openingen in het filter. De koffie komt dus in de koffiekan terecht, terwijl het koffiedik in het filter achterblijft. Dit wordt **filtreren** (letterlijk: door een filter halen) genoemd. Je noemt koffie het **filtraat** en het koffiedik het **residu**.




**figuur 4** Koffie filtreren.



**Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

## EXTRA ALCOHOL ALS OPLOSMIDDEL

Er zijn stoffen die niet in water oplossen, zoals vetten en oliën. Voor deze stoffen heb je een ander oplosmiddel nodig, zoals alcohol of wasbenzine. Je kunt alcohol bijvoorbeeld gebruiken om voorwerpen vetvrij te maken. Het vet op het voorwerp lost op in de alcohol, waarna je de alcohol kunt opvegen met een doek.

Alcohol wordt in allerlei producten als oplosmiddel gebruikt (figuur 5). Voorbeelden zijn parfums, deodorant en bepaalde soorten inkt en lak. Sommige stiften hebben inkt 'op alcoholbasis'. Als je met zo'n stift schrijft of tekent, verdampt de alcohol en blijven de kleurstoffen achter. Je kunt de alcohol dan goed ruiken. ►►



**figuur 5** Veel parfums bestaan uit geurstoffen die zijn opgelost in alcohol.

De stof die in het dagelijks leven alcohol wordt genoemd, heet in de scheikunde ethanol. Als op een etiket ethanol staat, wordt daarmee 'gewone' alcohol bedoeld: dezelfde stof die in bier en wijn zit. Scheikundigen gebruiken het woord alcohol als een verzamelnaam voor een hele groep stoffen. Voor hen is ethanol een van de vele soorten alcohol.

## LEERSTOF

**1** Wat is een molecuul?

**2** Hoe wordt in de scheikunde een stof genoemd:

**a** die uit verschillende soorten moleculen bestaat?

**b** die maar uit één soort moleculen bestaat?

**3** Zijn de volgende uitspraken waar of onwaar?

**a** Als je koffie zet, gebruik je water als oplosmiddel. *waar / onwaar*

**b** Oplossingen zijn altijd kleurloos (net zoals water). *waar / onwaar*

**c** Een suspensie blijft op den duur niet perfect gemengd. *waar / onwaar*

**d** Een suspensie is helder: je kunt erdoorheen kijken. *waar / onwaar*

**e** Suspensies en oplossingen zijn geen zuivere stoffen. *waar / onwaar*

**f** De meeste stoffen in het dagelijks leven zijn mengsels. *waar / onwaar*

**4** Vul de juiste woorden in.

**a** In gemalen koffiebonen zitten allerlei verschillende geur- en .......................................

**b** Deze stoffen lossen op als je ....................................... over gemalen koffie giet.

**c** De stoffen die niet in water oplossen, blijven achter in het .......................................

**d** De vers gezette koffie in de koffiepot noem je het .......................................

**e** De koffieprut in het filter noem je het .......................................

## TOEPASSING

**5** Geef van elke vloeistof aan of het volgens jou een oplossing of een suspensie is en waarom.

**a** Thee met suiker is een *oplossing* / *suspensie*, want de vloeistof is *troebel* / *helder*. De vloeistof blijft *wel* / *niet* goed gemengd.

**b** Sinaasappelsap is een *oplossing* / *suspensie*. De vloeistof blijft *wel* / *niet* goed gemengd, want de sliertjes vruchtvlees zakken *wel* / *niet* naar de bodem.

**c** Een energiedrank is een *oplossing* / *suspensie*, want de vloeistof is *troebel* / *helder*.

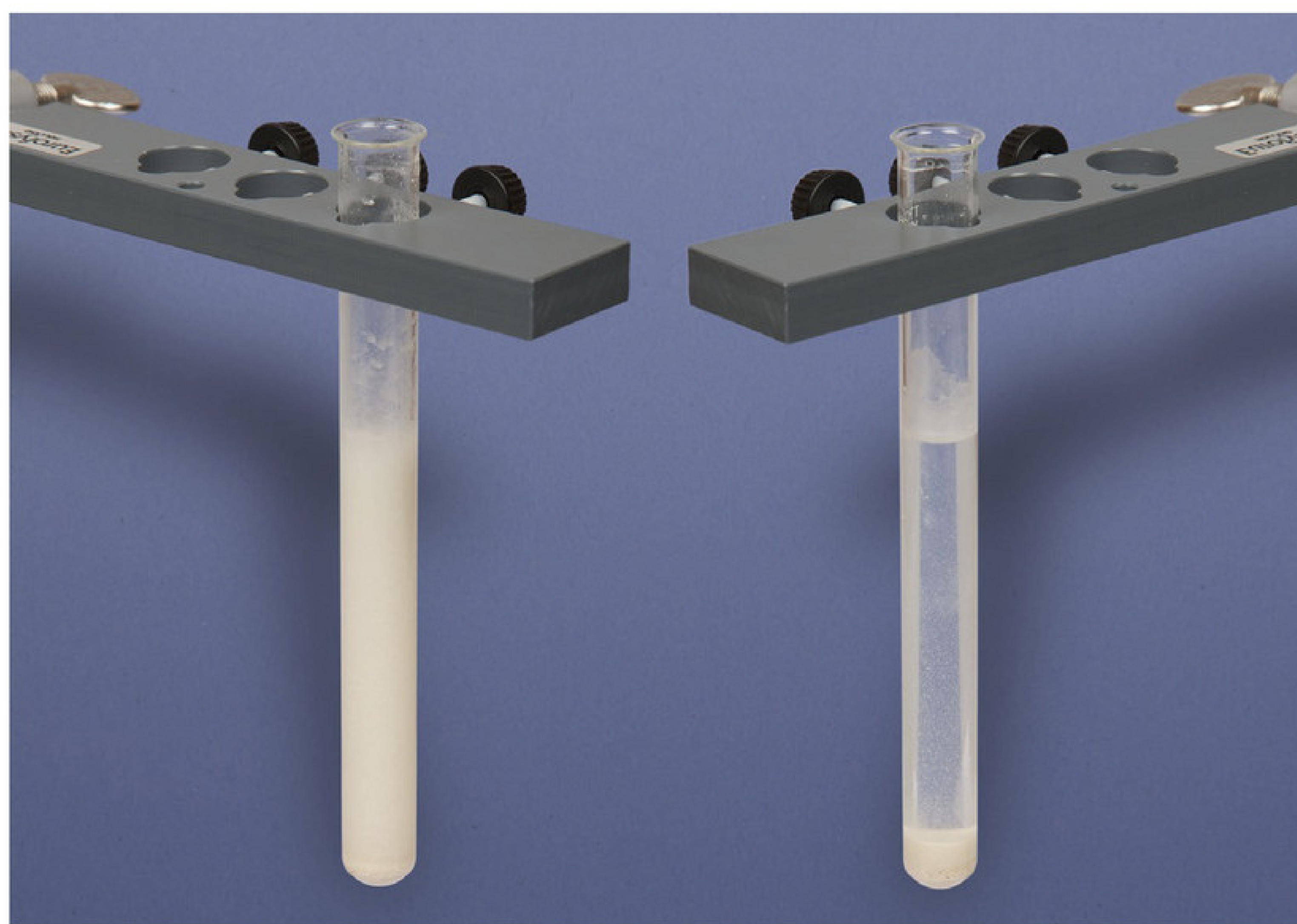
**d** Karnemelk is een *oplossing* / *suspensie*, want de vloeistof is *troebel* / *helder*.

**6** Charlotte doet een spatelpunt wit poeder in een reageerbuis. Ze voegt gedestilleerd water toe en schudt. In figuur 6 zie je hoe de inhoud van de reageerbuis eruitziet: meteen na het schudden (links) en één uur later (rechts).

**a** Waaraan zie je dat het witte poeder niet is opgelost?

**b** Welk soort mengsel is er na het schudden ontstaan?
een *oplossing* / *suspensie*

**c** Wat is er na een uur met het witte poeder gebeurd?



**figuur 6** De proef van Charlotte.

**7** Met een theezakje kun je snel een kop theezetten (figuur 7).
Wat is in deze situatie:

**a** het oplosmiddel?

**b** het filter?

**c** het filtraat?

**d** het residu?



**figuur 7** Theezetten = extraheren + filtreren.

**8** Filters raken vaak verstopt waarna de vloeistof niet meer door het filter heen loopt.

**a** Geef daar een verklaring voor.

**b** Zal een filter eerder verstopt raken door een grof poeder of door een fijn poeder? Licht je antwoord toe.

**★ 9** Soms kun je de stoffen in een mengsel scheiden door het mengsel te filtreren.

**a** Leg uit waarom dat wel lukt met een suspensie en niet lukt met een oplossing.

**b** De openingen in papieren filters hebben een doorsnede van 10 tot 25 micrometer. 1 micrometer = een miljoenste van een meter = 0,000 001 m. Stel je voor: iemand maakt een model van watermoleculen in een filter. De watermoleculen krijgen in dit model de grootte van een pingpongbal. Hoe groot zullen de openingen in het filter worden, als je die op dezelfde schaal weergeeft? Schrijf je berekening op.



**Test je kennis met de *Test jezelf*.**

## EXTRA ALCOHOL ALS OPLOSMIDDEL

**10** Ethanol is een bestanddeel van allerlei producten.

**a** Hoe wordt ethanol in het dagelijks leven genoemd?

**b** Waarom wordt ethanol als oplosmiddel in parfums gebruikt?

**c** Op een site met tips voor het huishouden staat: "Je kunt vetvlekken uit textiel verwijderen door te deppen met een sterkedrank, zoals wodka." Leg uit waardoor de vlekken wel verdwijnen als je met wodka dept en niet als je gewoon schoon water gebruikt.

**d** Klieren in je huid produceren huidvet dat de huid beschermt tegen uitdroging. Leg uit hoe het komt dat je huid droog gaat aanvoelen, als die veel met ethanol in aanraking komt.

**11** Parfum is een mengsel van diverse geurstoffen in een oplosmiddel. Bij de meeste parfums is dat oplosmiddel alcohol.

**a** De Romeinen persten al bloemen uit en verwerkten de gewonnen geurstoffen in zalven, oliën en andere producten. In de middeleeuwen ontdekten de Arabieren dat alcohol de houdbaarheid van geurstoffen aanzienlijk verhoogde. Waarom was deze ontdekking belangrijk?

**b** Een parfum bevat tussen de 20% en 30% geurstoffen, opgelost in alcohol. Een eau de toilette bevat 5% tot 10% geurstoffen en een eau de cologne 2% tot 3% geurstoffen. Leg uit waarom een parfum duurder is dan een eau de cologne.

**c** Leg uit wat er met de ingrediënten van parfum gebeurt als je parfum opdoet.

**d** Je probeert in de drogisterij een nieuw parfum uit en wilt weten of de geur lekker ruikt. Waarom kun je na het aanbrengen van een parfum beter niet meteen ruiken?

# 3 Massa en volume

**LEERDOELEN**

2.3.1 Je kunt de massa van een hoeveelheid stof bepalen.
2.3.2 Je kunt het verschil tussen massa en gewicht uitleggen.
2.3.3 Je kunt het volume van een hoeveelheid vloeistof bepalen.
2.3.4 Je kunt het volume van een rechthoekig voorwerp en een cilinder berekenen.
2.3.5 Je kunt het volume van een voorwerp met een onregelmatige vorm bepalen
EXTRA 2.3.6 Je kunt bij mengsels de concentratie en het volumeprocent van opgeloste stoffen berekenen.

| TAXONOMIE | LEERDOELEN EN OPDRACHTEN | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2.3.1 | 2.3.2 | 2.3.3 | 2.3.4 | 2.3.5 | 2.3.6 |
| Onthouden | 1a, 2ab | | 1b, 2cdef | 1c | 1d | 15a |
| Begrijpen | 3, 4abcdefghij | | 5b, 9abcdefghij | | 11 | |
| Toepassen | 13 | | 5a | 8, 14ab | 10 | 15b, 16abc |
| Analyseren | | 6 | 7 | | 12 | |

**Het gebeurt regelmatig dat je een bepaalde hoeveelheid van een stof nodig hebt: niet meer, niet minder. In recepten staat bijvoorbeeld aangegeven hoeveel je van elk ingrediënt moet gebruiken (figuur 1). En bij medicijnen is het heel belangrijk dat ze de juiste hoeveelheid werkzame stof bevatten.**

## EEN HOEVEELHEID STOF AFMETEN

Er zijn verschillende manieren om stoffen af te meten. Dat merk je als je in de keuken aan het werk gaat. Voor vaste stoffen, zoals meel en suiker, is een weegschaal handig. Vloeistoffen, zoals water en melk, worden vaak afgemeten met een maatbeker. Bij de vakken natuur- en scheikunde worden vergelijkbare meetinstrumenten gebruikt.

## MASSA

Met een weegschaal kun je de **massa** van een hoeveelheid stof bepalen (figuur 2). De massa is een maat voor de hoeveelheid stof: twee keer zoveel massa betekent dat je twee keer zoveel stof hebt, enzovoort. Als je bij het afwegen van suiker de massa verdubbelt, wordt het aantal suikermoleculen ook twee keer zo groot.




**figuur 1** De ingrediënten voor een flinke stapel pannenkoeken.




**figuur 2** Werken met een weegschaal.

De eenheid van massa is de kilogram (kg). Van de kilogram zijn verschillende grotere en kleinere eenheden afgeleid, zoals de ton (t), de gram (g) en de milligram (mg). Onthoud:
- 1 t = 1000 kg
- 1 kg = 1000 g
- 1 g = 1000 mg

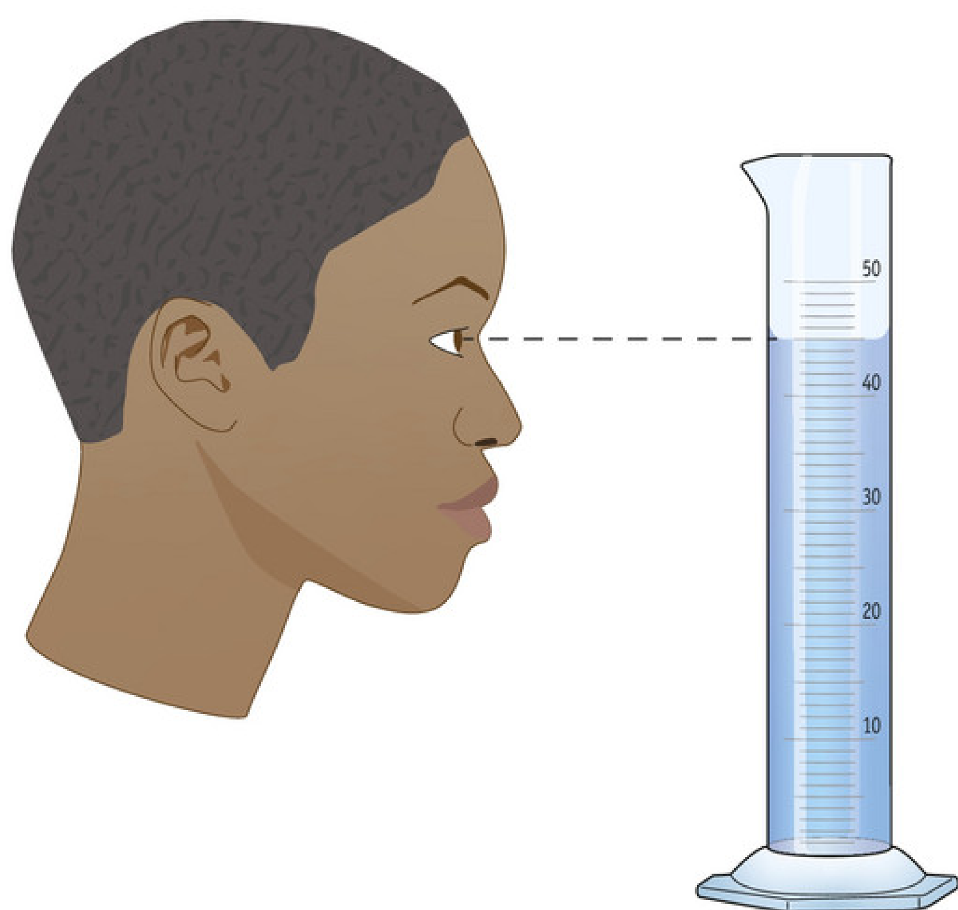
In de natuurkunde zijn massa en gewicht twee verschillende dingen. De massa geeft aan uit hoeveel stof een voorwerp bestaat. Het gewicht is de kracht waarmee het voorwerp aan je handen trekt (als je het optilt) of op de vloer drukt (als je het neerzet). Hoe groot het gewicht is, hangt niet alleen af van de massa (= de hoeveelheid stof in het voorwerp), maar ook van de sterkte van de zwaartekracht.

In het dagelijks leven maak je geen verschil tussen massa en gewicht, omdat de zwaartekracht op aarde toch overal even groot is. Maar als je de aarde verlaat, geldt dat niet meer. Astronauten weten heel goed dat hun gewicht enorm kan veranderen, terwijl hun massa – de hoeveelheid stof waaruit hun lichaam bestaat – gelijk blijft. Op de maan heeft een voorwerp minder gewicht dan op aarde.

## VOLUME

Met een maatcilinder kun je het **volume** van een hoeveelheid vloeistof bepalen.
Je weet dan hoeveel ruimte de vloeistof inneemt. Het volume is een maat voor de hoeveelheid stof: 2× zoveel volume betekent dat je 2× zoveel stof hebt, enzovoort. In figuur 3 zie je hoe je een maatcilinder afleest: met je ogen op dezelfde hoogte als het vloeistofoppervlak. Op die manier vind je het volume van de vloeistof in milliliter (mL).

De milliliter is afgeleid van de eenheid liter (L). Deze eenheid wordt alleen voor vloeistoffen en gassen gebruikt. In andere gevallen gebruik je kubieke decimeter ($dm^3$). Toch betekenen de aanduidingen liter en $dm^3$ precies hetzelfde:
- 1 liter is hetzelfde als 1 $dm^3$: de ruimte die wordt ingenomen door een kubus met ribben van 1 dm;
- 1 milliliter is hetzelfde als 1 $cm^3$: de ruimte die wordt ingenomen door een kubus met ribben van 1 cm (figuur 4).




**figuur 3** Zo lees je een maatcilinder af.



**figuur 4** 1 $dm^3$ = 1000 $cm^3$.

Onthoud:
- 1 $m^3$ = 1000 $dm^3$ = 1000 L
- 1 $dm^3$ = 1000 $cm^3$ = 1 L
- 1 $cm^3$ = 1 mL

## HET VOLUME BEREKENEN

PROEF 4

Voorwerpen nemen een bepaalde ruimte in. Die ruimte noem je het volume van het voorwerp. Je kunt het volume van een rechthoekig voorwerp berekenen met de formule (figuur 5):

volume = lengte × breedte × hoogte

Of in symbolen:

$V = l \cdot b \cdot h$

Hierin is:
- $V$ het volume in kubieke centimeter ($cm^3$);
- $l$ de lengte in centimeter (cm);
- $b$ de breedte in centimeter (cm);
- $h$ de hoogte in centimeter (cm).

Je kunt het volume van een cilinder berekenen met de formule (figuur 6):

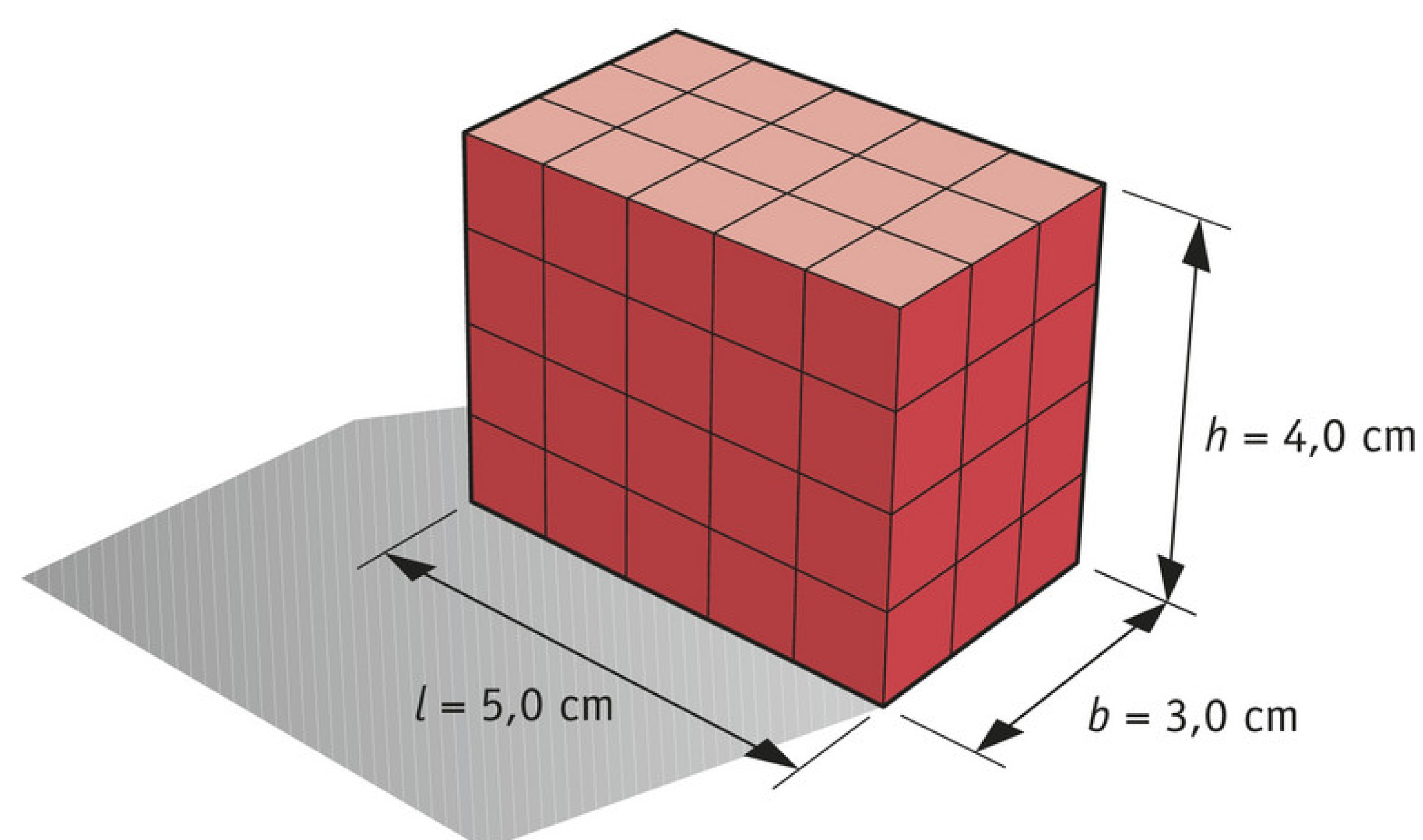
volume = pi × $(\text{straal})^2$ × hoogte

Of in symbolen:

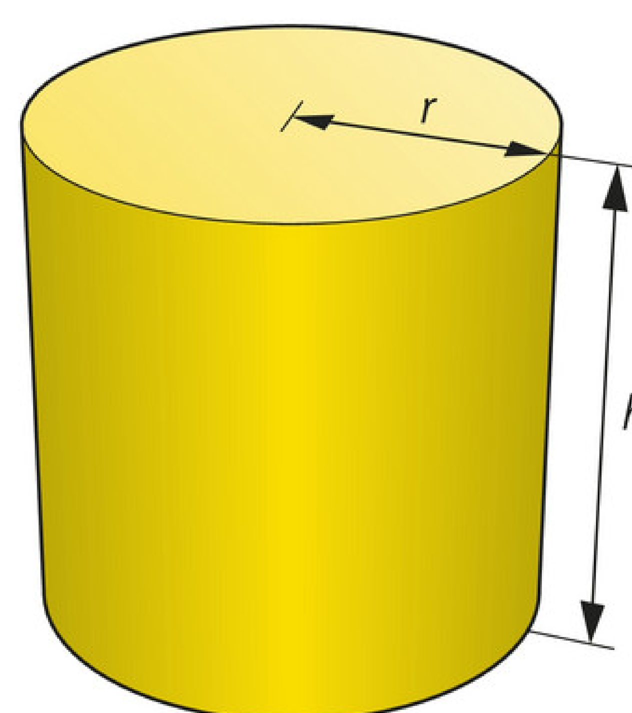
$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$

Hierin is:
- $V$ het volume in kubieke centimeter ($cm^3$);
- $r$ de straal in centimeter (cm);
- $h$ de hoogte in centimeter (cm).

De straal is gelijk aan de helft van de diameter.




**figuur 5** Het volume van een rechthoekig voorwerp: $V = l \cdot b \cdot h$.




**figuur 6** Het volume van een cilinder: $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$.

**VOORBEELDOPDRACHT 1**

Bereken het volume van een beschuitbus. De bus is 20 cm hoog en heeft een diameter van 11,2 cm. Rond af op een geheel getal.

gegevens $r = \frac{11{,}2}{2} = 5{,}6$ cm

$h = 20$ cm

gevraagd $V = ?$

uitwerking $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$

$= \pi \times (5{,}6)^2 \times 20$

$= 1970\ \text{cm}^3$

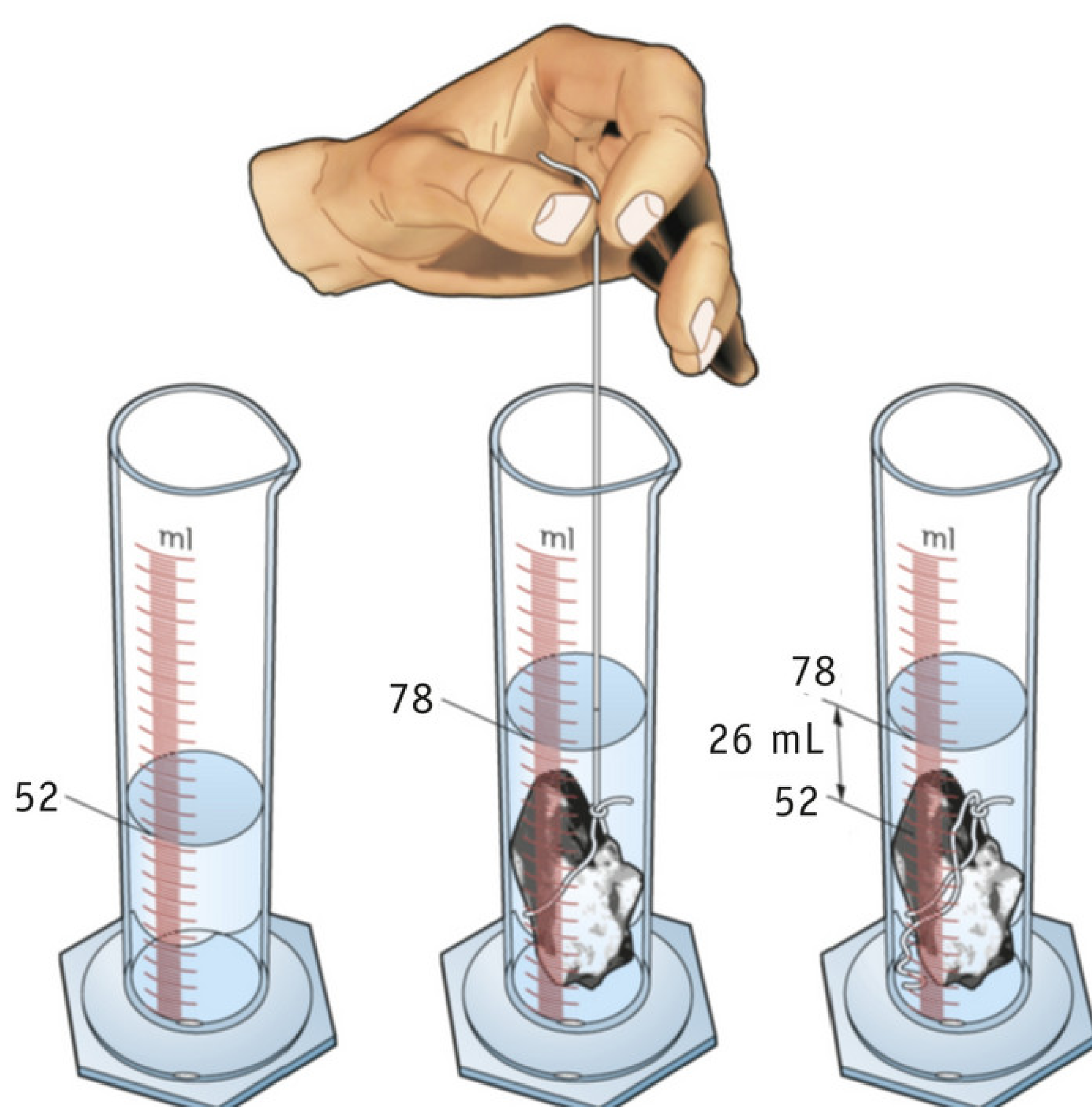
## HET VOLUME MET EEN PROEF BEPALEN

PROEF 5

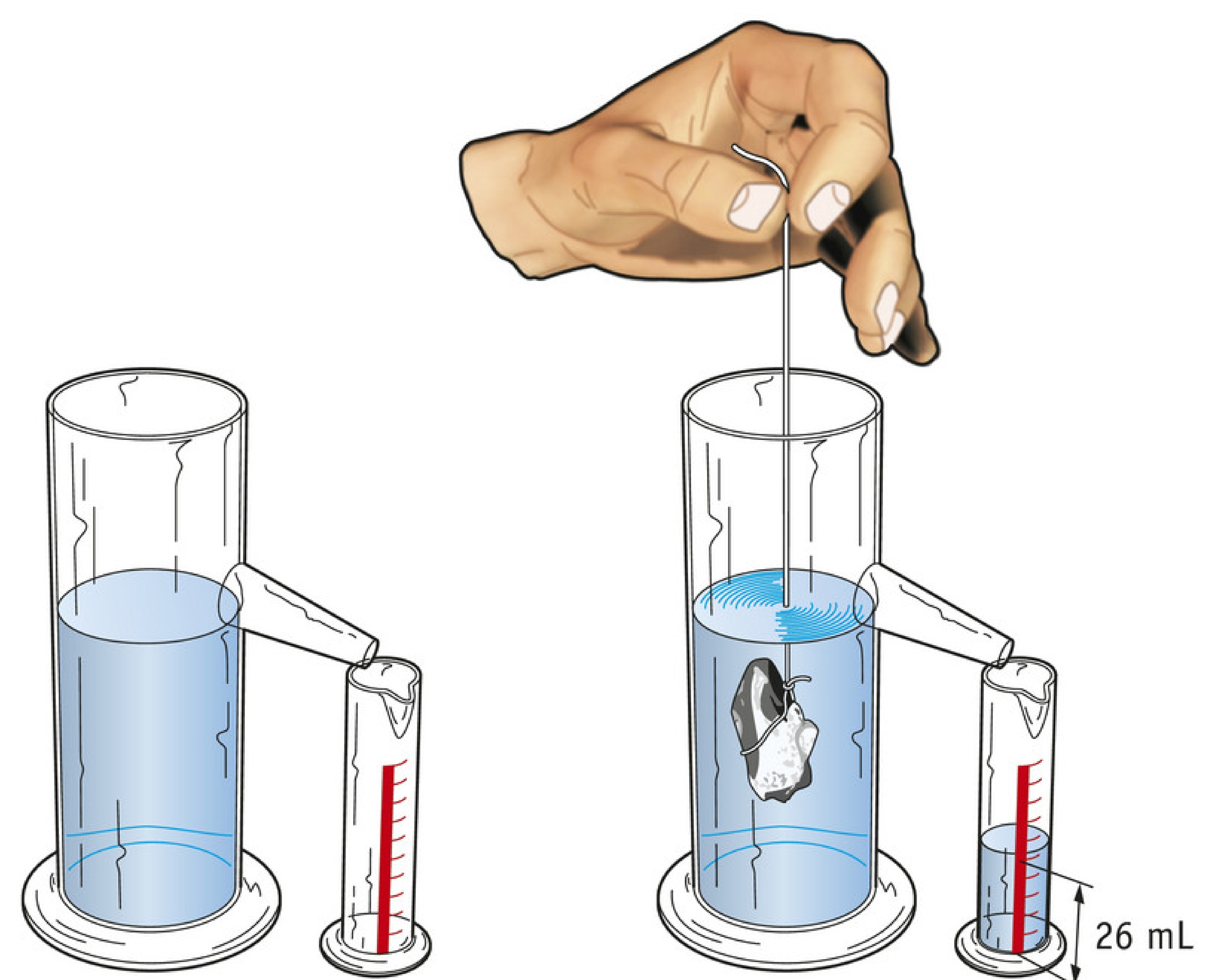
Het volume van voorwerpen met een onregelmatige vorm, bijvoorbeeld een kiezelsteen, kun je bepalen met de **onderdompelmethode** (figuur 7). Die werkt zo:

1 Vul een maatcilinder tot een bepaalde hoogte met water.
2 Lees de stand van het water af.
Dit noem je de beginstand.
3 Laat het voorwerp voorzichtig in het water zakken.
Het voorwerp moet helemaal onder water komen.
4 Lees opnieuw de stand van het water af.
Dit noem je de eindstand.
5 Reken uit: eindstand – beginstand.
Dit is het volume van het voorwerp.

Met een overloopvat gaat het nog gemakkelijker (figuur 8). Je moet het overloopvat tot het overlooptuitje vullen met water. Als je hierin het voorwerp onderdompelt, zal er een hoeveelheid water door het tuitje stromen die hetzelfde volume heeft als het voorwerp. Als je het uitgestroomde water in een maatcilinder opvangt, kun je het volume bepalen.




**figuur 7** Zo werkt de onderdompelmethode.




**figuur 8** De onderdompelmethode in een overloopvat.



**Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

## EXTRA KARAAT

De massa van edelstenen en parels wordt niet in gram gegeven, maar in de oude eenheid karaat. Het woord 'karaat' komt van het Griekse *keratia*. Dat was de naam van het zaadje van de johannesbroodboom. Deze zaadjes hebben altijd dezelfde massa. Daarom drukte men vroeger de massa van een edelsteen uit in het aantal karaat (figuur 9). Omdat niet overal dezelfde zaadjes gebruikt werden, was de Nederlandse karaat iets zwaarder dan de Italiaanse karaat. Tegenwoordig staat de karaat voor 200 milligram. Een parel van 20 karaat heeft dus een massa van 20 × 200 = 4000 mg = 4 g.



**figuur 9** De *Golden Jubilee* is de grootste geslepen diamant ter wereld: bijna 546 karaat.

Edelstenen zijn erg prijzig. Een klein verschil in massa kan dus een groot prijsverschil opleveren. Er wordt daarom ook gewerkt met fracties van een karaat. Een fractie is bijvoorbeeld 1/8 of 1/16 karaat. Voor nog meer nauwkeurigheid worden er 'punten' gebruikt. 1 karaat wordt verdeeld in 100 punten. Een diamant kan dus een massa hebben van 2,36 karaat.

## LEERSTOF

**1** Leg uit:

**a** hoe je de massa van een hoeveelheid vaste stof kunt meten.
**b** hoe je het volume van een hoeveelheid vloeistof kunt meten.
**c** hoe je het volume van een rechthoekig blokje kunt bepalen.
**d** hoe je het volume van een kiezelsteen kunt bepalen.

**2** Reken om.

**a** 1 kg = ................ g
**b** 1 g = ................ mg
**c** 1 $m^3$ = ................ $dm^3$
**d** 1 $dm^3$ = ................ $cm^3$
**e** 1 L = ................ mL
**f** 1 mL = ................ $cm^3$

## TOEPASSING

**3** Op veel verpakkingen staat de massa van de inhoud vermeld in gram of in kilogram.
Bereken de ontbrekende gegevens en vul ze in tabel 1 in.
 Zie de vaardigheid *Werken met voorvoegsels*.

**tabel 1** De inhoud in gram en in kilogram.

| de inhoud van een | heeft een massa van |
|---|---|
| pak suiker | 1000 g = ................ kg |
| pak couscous | 500 g = ................ kg |
| zak noedels | 400 g = ................ kg |
| pakje boter | 250 g = ................ kg |
| pakje cacao | 100 g = ................ kg |
| busje peper | 50 g = ................ kg |

**4** Reken om.


Zie de vaardigheid *Eenheden omrekenen*.

**a** 250 g = ................ kg

**b** 0,625 kg = ................ g

**c** 0,5 g = ................ mg

**d** 350 mg = ................ g

**e** 0,035 g = ................ mg

**f** 1,3 kg = ................ g

**g** 0,25 t = ................ kg

**h** 0,75 kg = ................ g

**i** 810 kg = ................ t

**j** 8 mg = ................ g


**Meer oefening nodig met het omrekenen van massa-eenheden?**
**Ga naar de *Vaardigheidstrainer* in paragraaf 3 Massa en volume.**

**5** In figuur 10 zijn drie maatcilinders getekend.

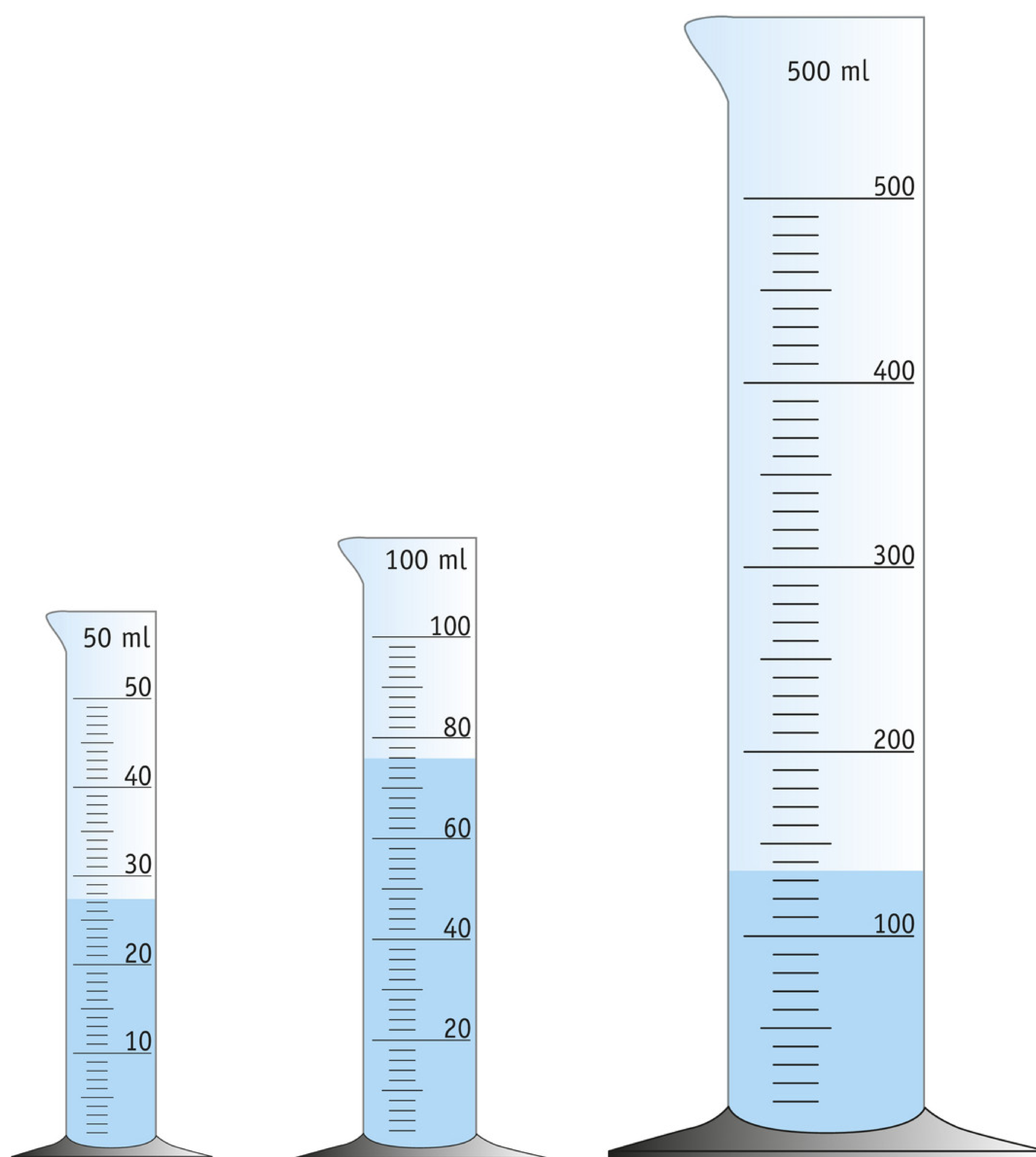
**a** Hoeveel vloeistof zit er in elke maatcilinder? Lees af en noteer.

maatcilinder 1: ................ mL

maatcilinder 2: ................ mL

maatcilinder 3: ................ mL

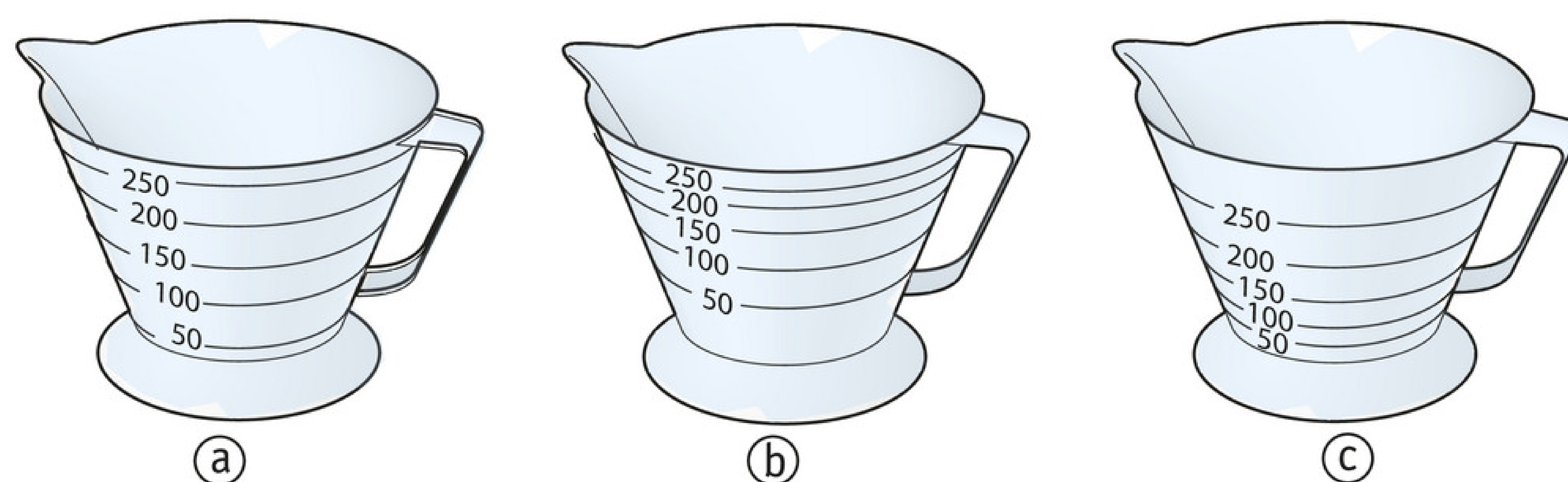
**b** Je moet 25 mL water afmeten.
Welke maatcilinder kun je dan het best gebruiken? Waarom?




**figuur 10** Drie maatcilinders.

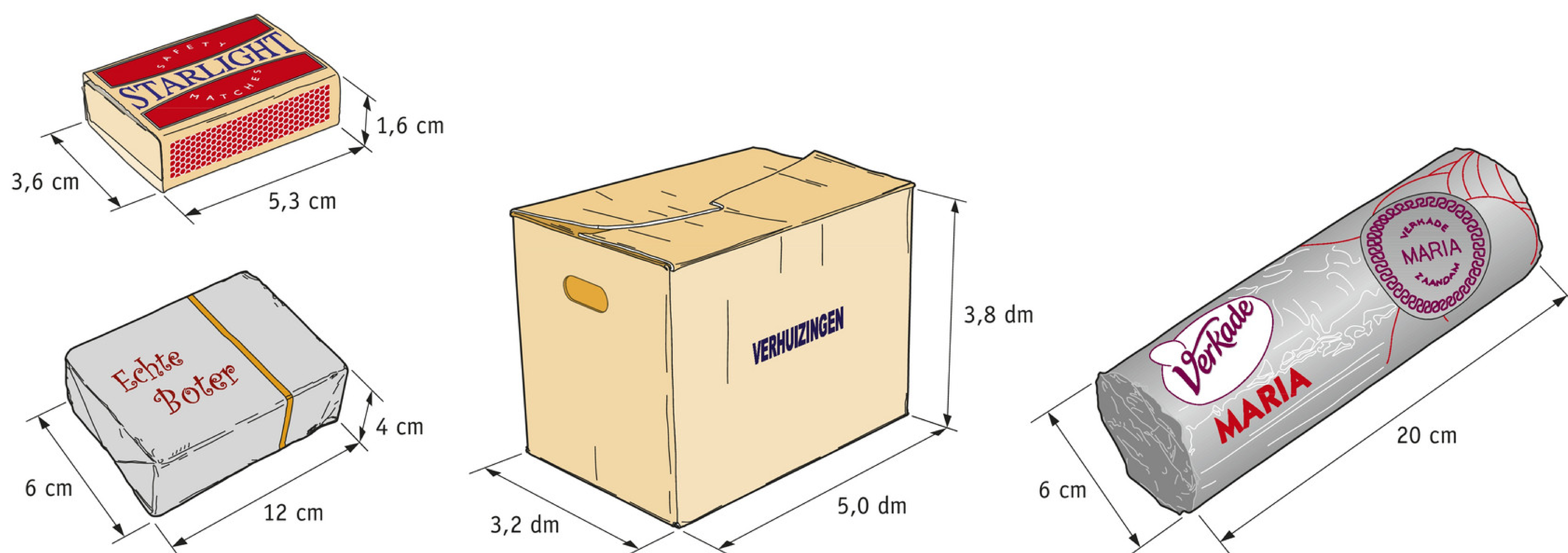
**6** In het internationaal ruimtestation ISS weegt een astronaut bijna niets.
Is de massa van de astronaut in het ISS ook bijna nul?

**7** In het huishouden wordt een maatbeker gebruikt die lijkt op de maatbekers in figuur 11.
In welke tekening is de schaalverdeling op de maatbeker juist getekend? Licht je keuze toe.




**figuur 11** Drie maatbekers met verschillende schaalverdelingen.

**8** Bereken het volume van de voorwerpen die in figuur 12 getekend zijn. Rond de antwoorden af op een geheel getal. Schrijf steeds de hele berekening op.




**figuur 12** Vier voorwerpen.

**9** Reken om.

**a** 0,05 L = ............... mL

**b** 250 mL = ............... L

**c** 750 $cm^3$ = ............... $dm^3$

**d** 0,8 $dm^3$ = ............... $cm^3$

**e** 10 mL = ............... $cm^3$

**f** 0,625 $m^3$ = ............... $dm^3$

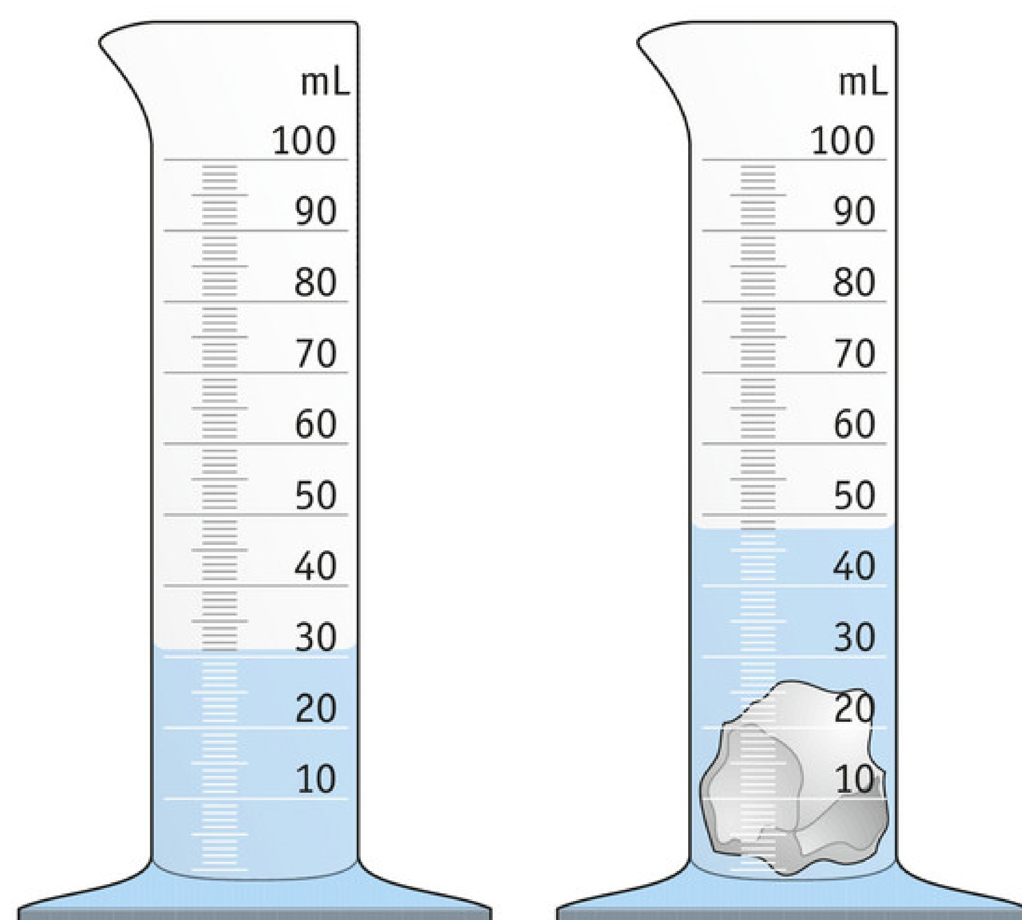
**g** 440 $cm^3$ = ............... $dm^3$

**h** 6,5 $dm^3$ = ............... L

**i** 35 mL = ............... L

**j** 0,5 $m^3$ = ............... L

**10** Bepaal met behulp van de tekeningen in figuur 13 het volume van de steen. Schrijf de volledige berekening op.




**figuur 13** Hoe groot is het volume van de steen?

**11** Je zou de onderdompelmethode ook andersom kunnen uitvoeren: eerst de eindstand bepalen, dan het voorwerp eruit halen en dan de beginstand bepalen.
Leg uit waarom dat geen goede manier is.

**12** Hout drijft op water.
Hoe kun je met de onderdompelmethode toch het volume bepalen van een blokje hout? Schrijf twee manieren op.

**13** Een bepaald pijnstillend geneesmiddel bevat 200 mg werkzame stof per tablet. In de bijsluiter staat dat je per dag maximaal 1,5 g werkzame stof mag innemen.
Bereken hoeveel tabletten je per dag mag slikken.

**★ 14** Een krantenkop boven een weerbericht luidt: “80 millimeter regen in twee dagen!”

**a** Hoeveel liter water valt er op een oppervlakte van 1 $dm^2$ als de hoogte 80 millimeter is?

**b** Bereken hoeveel liter water er in die periode in een tuin van 6 bij 20 m is terechtgekomen. Schrijf de volledige berekening op.

 **Test je kennis met de *Test jezelf*.**

## EXTRA KARAAT

**15** Beantwoord de volgende vragen.

**a** Wat betekent ‘karaat’?

**b** Bereken de massa in gram van een diamant van $2\frac{1}{16}$ karaat.

★ **16** De Cullinan is de grootste ongeslepen diamant die ooit gevonden is. Toen hij in 1905 werd gevonden in een mijn in Zuid-Afrika, bleek hij 621,35 g te wegen.

**a** Hoeveel karaat was de Cullinan toen? Geef ook de berekening.

**b** Lees figuur 14.
Bereken de massa van de *Great Star of Africa*.

**c** Uiteindelijk is er bij het maken van de diamanten 5% verloren gegaan aan slijpsel.
Bereken hoeveel karaat aan diamanten er in totaal is gemaakt uit de Cullinan.

### De Cullinan



**figuur 14** Replica van de Cullinan.

De Cullinan werd in Amsterdam met succes gekloofd en geslepen door Joseph Asscher van de firma Asscher, de meest vooraanstaande diamantslijper van die tijd. In het oppervlak van de steen werd een klein ‘venster’ geslepen, zodat Asscher de breuklijnen en inclusies (onvolkomenheden) kon zien. Asscher liep dagenlang met de steen in zijn zak en bekeek en hanteerde de steen telkens weer. Op 10 februari 1908 waagde hij het erop. Hij had een kleine snede in de steen gemaakt en zou deze kloven, met het risico dat de steen ook kon versplinteren. De slag waarmee hij de steen kloofde vergde zoveel van hem dat hij na afloop flauwviel. De bewerking was desondanks feilloos.
Van de Cullinan zijn 9 grote en 96 kleine diamanten geslepen. De grootste heet *Great Star of Africa*; deze is 530,4 karaat en is verwerkt in de scepter van het Britse koningshuis.

Uit: *Wikipedia*.

# 4 Dichtheid

## LEERDOELEN

2.4.1 Je kunt uitleggen wat de dichtheid van een stof is.

2.4.2 Je kunt uitleggen waarom dichtheid een stofeigenschap is.

2.4.3 Je kunt de dichtheid van een stof berekenen als de massa en het volume gegeven zijn.

2.4.4 Je kunt aan de hand van de dichtheid van stoffen uitleggen of een stof zinkt, zweeft of drijft.

EXTRA 2.4.5 Je kunt aan de hand van dichtheid van stoffen uitleggen wanneer een gas opstijgt.

| TAXONOMIE | LEERDOELEN EN OPDRACHTEN | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2.4.1 | 2.4.2 | 2.4.3 | 2.4.4 | 2.4.5 | 2.3.1* | 2.3.3* | 2.3.5* |
| Onthouden | 1, 2ab | | 2cd | | | | | |
| Begrijpen | | 3abc, 4b, 5b, 6bc | | 8b | 11 | | | |
| Toepassen | | | 4a, 5a, 6a, 10d | 8a | 12b, 13b | 10b | | 10a |
| Analyseren | | | 7ab, 9 | 8cd | 12a, 13a | | 10c | |

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

**Mensen zeggen vaak dat de ene stof zwaarder of lichter is dan de andere. Als je iemand vraagt: “Waarom worden velgen vaak van aluminium gemaakt?” zeggen ze zoiets als: “Omdat aluminium een heel licht metaal is.” Of: “Omdat aluminium veel lichter is dan staal.”**

## LICHTE EN ZWARE STOFFEN

Hoe kun je nagaan dat aluminium lichter is dan staal? Daarvoor moet je de twee stoffen ‘eerlijk’ met elkaar vergelijken. Je kunt niet zomaar een aluminium en een stalen voorwerp wegen: een aluminium fietsframe kan best zwaarder zijn dan een stalen fietsstuur.

Een eerlijke vergelijkingsmethode werkt als volgt:

1 Neem van elke stof een blokje van 1 $cm^3$ (figuur 1).
2 Bepaal de massa van elk blokje met een weegschaal.
3 Het blokje met de kleinste massa is gemaakt van de ‘lichtste’ stof.

Een aluminium blokje van 1 $cm^3$ heeft een massa van 2,7 g. Een stalen blokje van 1 $cm^3$ heeft een massa van 7,9 g. Aluminium is dus ongeveer drie keer zo licht als staal.




**figuur 1** Drie blokjes van 1 $cm^3$: perspex (1,2 g), aluminium (2,7 g) en messing (8,5 g).

## DE DICHTHEID VAN EEN STOF

Een blokje aluminium van 1 $cm^3$ heeft altijd een massa van 2,7 g. Dat is een eigenschap van de stof aluminium: je hebt altijd 2,7 g massa in een volume van 1 $cm^3$. Deze eigenschap is zo belangrijk dat er een apart woord voor bedacht is: de **dichtheid**. Je zegt: de dichtheid van aluminium is 2,7 gram per kubieke centimeter ($g/cm^3$).

Dichtheid is een stofeigenschap: elke stof heeft zijn eigen dichtheid. Omgekeerd geldt: als je de dichtheid van een stof kent, helpt dat erachter te komen om welke stof het gaat (en om welke stof zeker niet). De dichtheid is één van de eigenschappen waaraan je een stof kunt herkennen. De dichtheid bepaalt ook voor welke toepassingen een stof geschikt is (figuur 2).



**figuur 2** Ladders worden vaak van aluminium gemaakt. Aluminium is een 'lichte' en sterke stof.

In tabel 1 kun je de dichtheid van een aantal stoffen opzoeken. Je ziet dan onder andere dat metalen een heel verschillende dichtheid hebben. Aluminium is een licht metaal met een dichtheid van 2,7 $g/cm^3$. Goud is meer dan zeven keer zo zwaar, met een dichtheid van 19,3 $g/cm^3$. Het is dus gemakkelijk om goud en aluminium op grond van hun dichtheid uit elkaar te houden.

**tabel 1** Dichtheid van enkele stoffen.

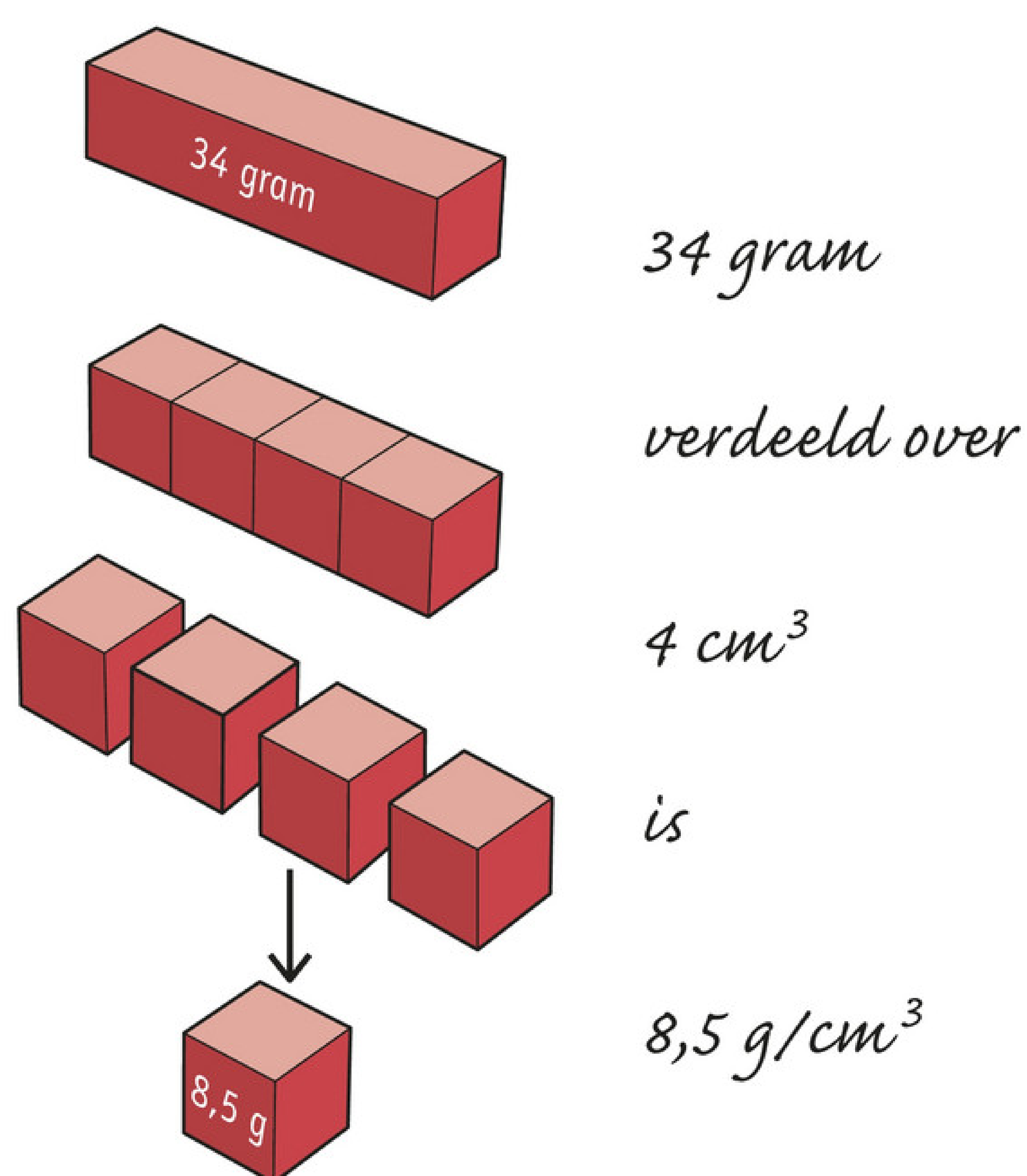
| stof | dichtheid ($g/cm^3$) | stof | dichtheid ($g/cm^3$) |
|---|---|---|---|
| alcohol | 0,80 | lood | 11,3 |
| aluminium | 2,7 | lucht | 0,001 293 |
| benzine | 0,72 | messing | 8,5 |
| glas | 2,6 | perspex | 1,2 |
| goud | 19,3 | staal | 7,8 |
| helium | 0,000 178 | suiker | 1,6 |
| ijs | 0,92 | terpentine | 0,84 |
| ijzer | 7,9 | vurenhout | 0,58 |
| keukenzout | 2,2 | water | 1,0 |
| koolstofdioxide | 0,001 98 | waterdamp | 0,000 60 |
| koper | 8,96 | zilver | 10,5 |
| kwik | 13,5 | zink | 7,2 |

## DE DICHTHEID BEPALEN

PROEF 6+7

Om de dichtheid te bepalen heb je niet per se een voorwerp van 1 $cm^3$ nodig. Met een groter voorwerp lukt het ook. Je kunt zo'n voorwerp in gedachten in stukjes van 1 $cm^3$ verdelen. De vraag is dan: hoe groot is de massa van één stukje van 1 $cm^3$?

In figuur 3 is een staafje messing van 34 g getekend. Je kunt dit staafje in gedachten verdelen in vier blokjes van 1 $cm^3$. Als je 34 g verdeelt over vier blokjes, krijgt elk blokje $\frac{34}{4}$ = 8,5 g. De dichtheid van messing is dus 8,5 $g/cm^3$.




**figuur 3** Zo kun je de dichtheid berekenen.

Dit is een methode die altijd werkt: deel de massa (in g) door het volume (in $cm^3$) en je vindt de dichtheid in $g/cm^3$. Je kunt dat ook in formulevorm opschrijven:

$$\text{dichtheid} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

Of in symbolen:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Hierin is:
- $\rho$ (rho, spreek uit: 'roo') de dichtheid in gram per kubieke centimeter ($g/cm^3$);
- $m$ de massa in gram (g);
- $V$ het volume in kubieke centimeter ($cm^3$).

### VOORBEELDOPDRACHT 1

Miranda heeft een goudkleurige armband met een massa van 78 g en een volume van 5,0 $cm^3$.
Ga met een berekening na of deze armband van zuiver goud gemaakt zou kunnen zijn.

gegevens $m$ = 78 g
$V$ = 5,0 $cm^3$

gevraagd $\rho$ = ?

uitwerking $\rho = \frac{m}{V}$

$= \frac{78}{5{,}0} = 15{,}6\ g/cm^3$

De armband kan dus niet van zuiver goud gemaakt zijn, dat een dichtheid heeft van 19,3 $g/cm^3$ (tabel 1). De armband zou wel voor een groot deel uit goud kunnen bestaan.

### DRIJVEN, ZINKEN EN ZWEVEN

Een stuk vurenhout drijft op water. Zoals je in tabel 1 kunt zien, is de dichtheid van vurenhout kleiner dan die van water. Een voorwerp drijft op water als de dichtheid van het voorwerp kleiner is dan die van water (1,0 $g/cm^3$).
Een zilveren ring zinkt in water. Voorwerpen met een dichtheid groter dan water zinken in water. Heel soms is de dichtheid van het voorwerp precies gelijk aan de dichtheid van water. In dat geval blijft dat voorwerp zweven.

**Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

## EXTRA DE WEERBALLON

Om een goede weersverwachting te kunnen maken, is het belangrijk informatie te hebben over de temperatuur, luchtdruk en luchtvochtigheid hoog in de lucht. Hiervoor vult het weerinstituut KNMI één keer per dag een grote ballon met helium, met daaraan meetinstrumenten: een weerballon (figuur 4). Zo'n weerballon stijgt op tot een hoogte van 20 tot 25 km. Tijdens de vlucht worden de metingen constant naar het weerinstituut gestuurd.

Helium is een gas met een heel kleine dichtheid ($\rho$ = 0,000 178 $g/cm^3$). Een ballon stijgt op als de dichtheid ervan kleiner is dan die van lucht ($\rho$ = 0,001 293 $g/cm^3$). Stoffen en voorwerpen die een kleinere dichtheid hebben dan het gas waarin ze zich bevinden, gaan drijven.
Een weerballon drijft op de lucht, net zoals een blokje vurenhout ($\rho$ = 0,58 $g/cm^3$) drijft op water ($\rho$ = 1,0 $g/cm^3$).



**figuur 4** Weerballon met meetinstrumenten.

## LEERSTOF

**1** Vul in tabel 2 de ontbrekende woorden en symbolen in.
Zie de vaardigheid *Werken met grootheden en eenheden*.

**tabel 2** Grootheden en eenheden.

| grootheid | symbool | eenheid | symbool |
|---|---|---|---|
| lengte | | meter | |
| | *m* | | kg |
| | | liter | |
| | | gram per kubieke centimeter | |

**2** Stel je voor: je docent geeft je de opdracht om de dichtheid van messing te bepalen. Je krijgt een rechthoekig blokje van messing om daarmee te werken.

**a** Welke twee grootheden ga je om te beginnen meten?
**b** Welke meetinstrumenten heb je daarvoor nodig?
**c** Met welke formule bereken je daarna de dichtheid?
**d** Welke eenheid zet je ten slotte achter de uitkomst?

**3** Welk metaal in tabel 1 heeft:

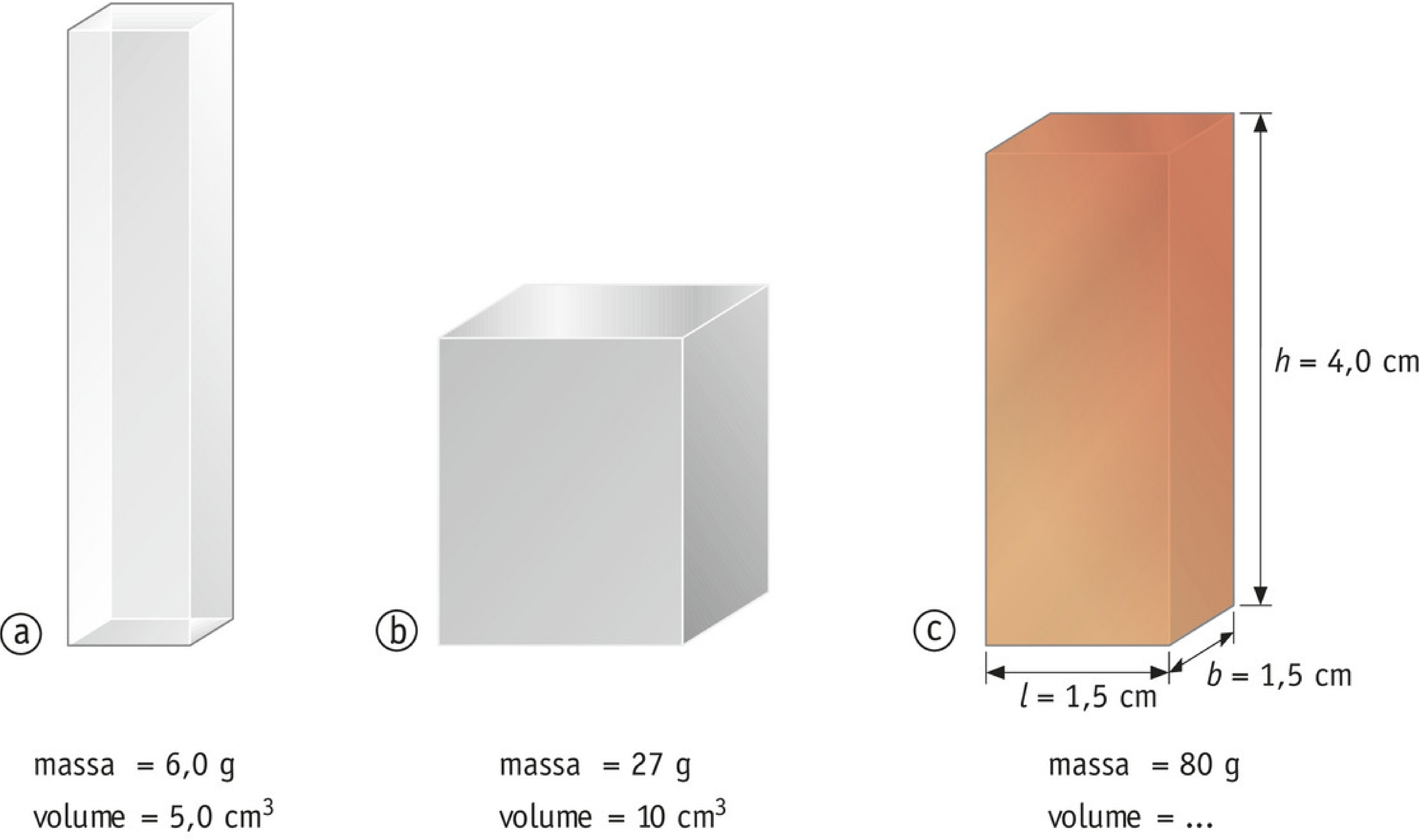
**a** een dichtheid van 11,3 g/cm$^3$?
**b** de grootste dichtheid?
**c** de kleinste dichtheid?

## TOEPASSING

**4** In figuur 5 zijn drie blokjes getekend die van een zuivere stof zijn gemaakt.

**a** Bereken de dichtheid van de stoffen waarvan deze voorwerpen gemaakt zijn, op één cijfer achter de komma. Schrijf alle berekeningen op.
**b** Noteer van elk voorwerp van welke stof het gemaakt zou kunnen zijn. Gebruik tabel 1.

**figuur 5** Drie rechthoekige voorwerpen.




massa = 6,0 g
volume = 5,0 cm$^3$

massa = 27 g
volume = 10 cm$^3$

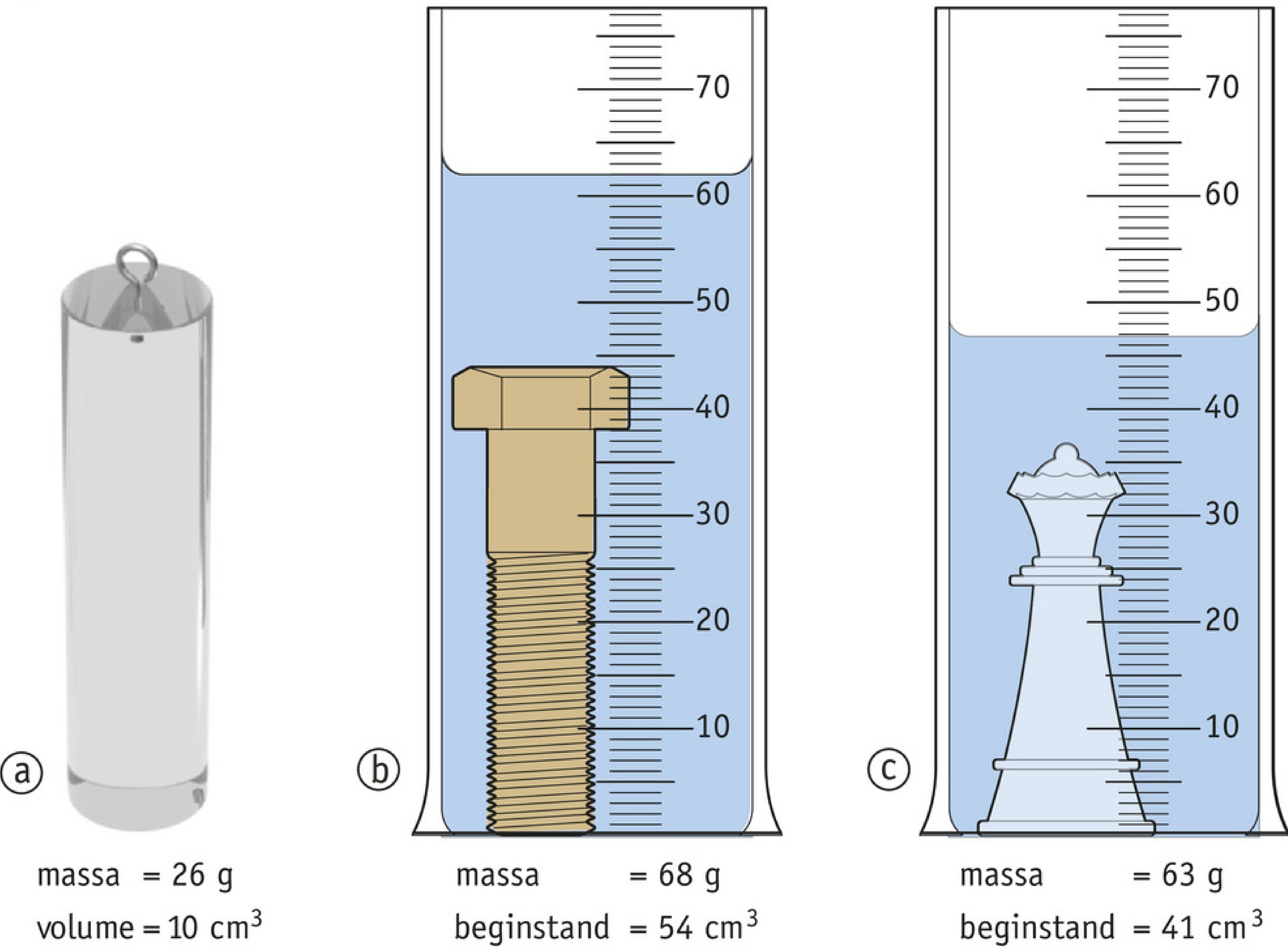
massa = 80 g
volume = ...

**5** In figuur 6 zijn nog eens drie voorwerpen getekend.

**a** Bereken de dichtheid van de stoffen waarvan deze voorwerpen gemaakt zijn, op één cijfer achter de komma. Schrijf de hele berekening op.

**b** Noteer van elk voorwerp van welke stof het gemaakt zou kunnen zijn. Gebruik tabel 1.

**figuur 6** Een cilinder en twee voorwerpen met een onregelmatige vorm.




massa = 26 g
volume = 10 cm³

massa = 68 g
beginstand = 54 cm³

massa = 63 g
beginstand = 41 cm³

**6** Mitchell heeft van vier voorwerpen de massa en het volume gemeten. Hij heeft zijn meetresultaten in tabel 3 gezet.

**a** Bereken de dichtheid van elk voorwerp.

**b** Welke voorwerpen kunnen van dezelfde stof zijn gemaakt?

**c** Om welke stof zou het kunnen gaan?

**tabel 3** Volume en massa.

| volume ($cm^3$) | massa (g) |
|---|---|
| 9,5 | 75,0 |
| 6,8 | 48,3 |
| 7,2 | 56,8 |
| 4,5 | 35,5 |

**7** Op een schap in een supermarkt staan grote en kleine pakken met kokosmelk.

- Op de grote pakken staat: 1000 g | 930 mL
- Op de kleine pakken staat: 500 g | 465 mL

**a** Leg uit hoe je aan deze getallen kunt zien dat de twee soorten pakken met dezelfde vloeistof gevuld zijn.

**b** Beredeneer welk volume de fabrikant op een pakje met 200 g kokosmelk zou moeten zetten.

**8** Een laagjescocktail bestaat uit verschillende drankjes die voorzichtig boven op elkaar worden gegoten (figuur 7).

**a** In welke volgorde moeten de drankjes in het glas gedaan worden?

**b** Waarom moet elk drankje heel voorzichtig ingeschonken worden?

**c** De drankjes bestaan voornamelijk uit water en suiker.
Waar vind je een drankje met weinig suiker en veel water?

○ A Boven in het glas.
○ B Onder in het glas.
○ C Daar kun je niets over zeggen.

**d** Leg uit hoe je aan je antwoord bij opdracht c gekomen bent.



**figuur 7** Een laagjescocktail met vloeibare honing, muntsiroop en ongezoet appelsap.

**★ 9** Op een keukenmaatbeker staat een maatverdeling in gram voor meel en suiker. Hiermee kun je hoeveelheden van deze ingrediënten afmeten zonder dat je een weegschaal nodig hebt. Het streepje voor 300 g meel staat lager dan het streepje voor 300 g suiker. Leg uit welke van beide ingrediënten de kleinste (gemiddelde) dichtheid heeft.

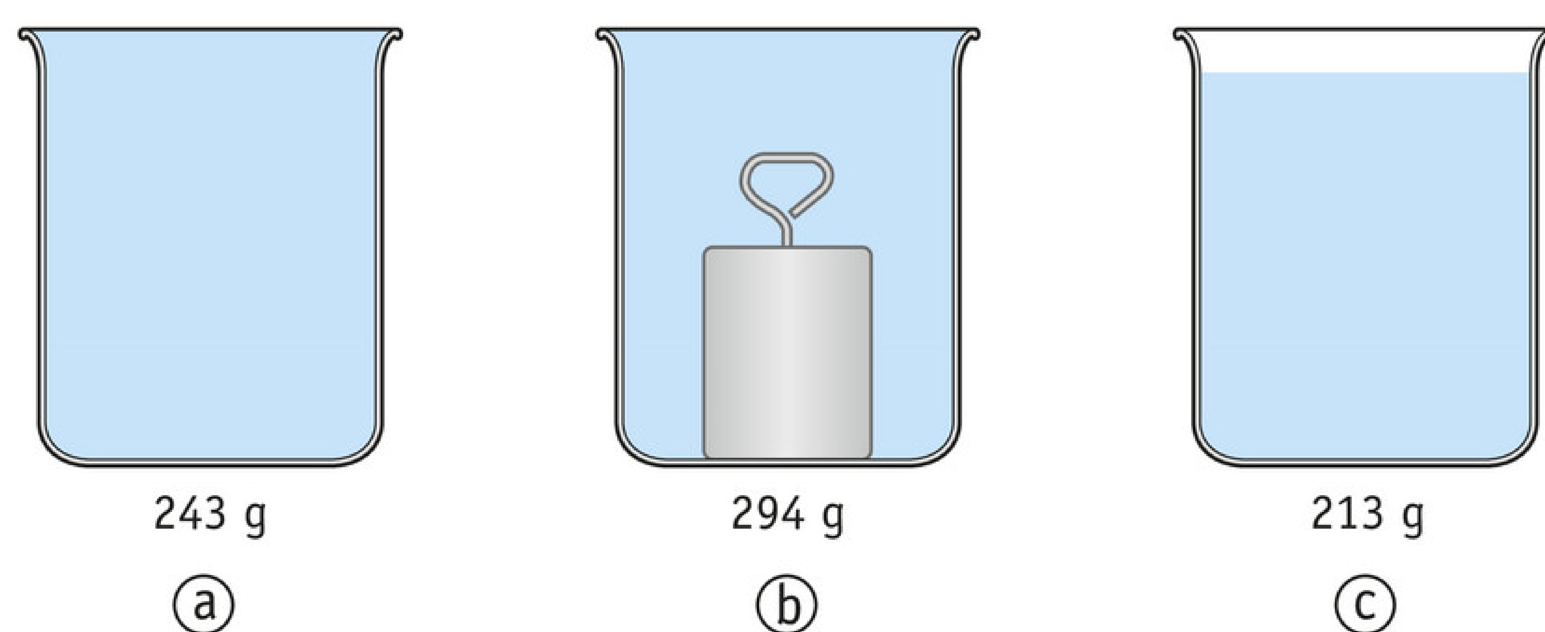
**★ 10** Een bekerglas, geheel gevuld met water, heeft een massa van 243 g (figuur 8a). Theo laat er een metalen blokje aan een dun draadje in zakken (figuur 8b) en meet opnieuw de massa van het bekerglas: 294 g. Ten slotte haalt hij het blokje er weer uit en meet opnieuw de massa van het bekerglas en het resterende water: 213 g (figuur 8c).

**a** Hoeveel gram water is er uit het bekerglas gestroomd?

**b** Bereken de massa van het metalen blokje.

**c** Wat is het volume van het metalen blokje?

**d** Bereken de dichtheid van het metaal. Rond af op één cijfer achter de komma.




**figuur 8** Hoe groot is de dichtheid van het metaal?

 Test je kennis met de *Test jezelf*.

## EXTRA DE WEERBALLON

**11** Aileen vult twee ballonen met gas: één met helium en één met koolstofdioxide.
Leg uit hoe je kunt zien welk gas in welke ballon zit.

**12** Als je lucht opwarmt, zet hij uit. Het volume wordt groter, maar de massa blijft hetzelfde.

**a** Leg uit dat de dichtheid van de lucht kleiner wordt, als je het opwarmt.

**b** De heteluchtballon in figuur 9 stijgt op.
Leg uit hoe dit komt.



**figuur 9** Heteluchtballon met brander.

**13** Hoe hoger je komt, hoe kleiner de dichtheid van de lucht.

**a** Leg uit dat een weerballon gevuld met helium op een bepaalde hoogte niet meer stijgt.

**b** Hoe noem je het als de ballon niet meer stijgt in de lucht?

# Practica

## PROEF 1 STOFFEN VAN ELKAAR ONDERSCHEIDEN

30 minuten

### Inleiding
Als de politie een inval doet in een drugslaboratorium, worden daar vaak verschillende stoffen gevonden. Om uit te zoeken wat voor stoffen dat zijn, heeft de politie een speciale afdeling met onderzoekers.
Jij gaat in deze proef net zoiets doen, maar met ongevaarlijke stoffen. Je krijgt twaalf flesjes met stoffen, zonder te weten welke stoffen het zijn. Je moet met behulp van de stofeigenschappen zo veel mogelijk stoffen proberen te herkennen.

### Doel
Bij deze proef leer je om stoffen te herkennen aan hun stofeigenschappen.

### Nodig
☐ 12 stoffen in flesjes

### Uitvoeren en uitwerken
- Je krijgt twaalf flesjes. Je mag de flesjes openmaken om te ruiken. Je mag de stoffen beslist niet proeven!

**1** Vul in tabel 1 de gegevens van de twaalf stoffen in. Noteer ook de naam van de stof als je die weet.

**2** Bekijk de gegevens in de tabel.
**a** Welke stoffen zijn metalen?

.............................................................................................................................

**b** Welke stoffen zijn doorzichtig?

.............................................................................................................................

**tabel 1** Twaalf stoffen en hun eigenschappen.

| nummer | kleur | geur | vast / vloeibaar / gasvormig | bijzonderheden | naam |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| 11 | | | | | |
| 12 | | | | | |

## PROEF 2 OPLOSSINGEN EN SUSPENSIES ONDERZOEKEN

15 minuten

### Inleiding
In het dagelijks leven kom je verschillende soorten mengsels tegen. Thee en cola zijn voorbeelden van oplossingen. Sinaasappelsap en verf zijn voorbeelden van suspensies.

### Doel
Bij deze proef leer je twee verschillen kennen tussen een oplossing en een suspensie.

### Nodig
- ☐ reageerbuis met water + inkt
- ☐ reageerbuis met water + koolstof
- ☐ 2 (lege) reageerbuizen
- ☐ 2 trechters
- ☐ 2 filtreerpapiertjes

### Uitvoeren en uitwerken
- Schud de reageerbuis met water + inkt. Kijk direct daarna of je door het mengsel heen kunt kijken.
- Schud de reageerbuis met water + koolstof. Kijk direct daarna of je door het mengsel heen kunt kijken.

1 Kun je door de verdunde blauwe inkt heen kijken? *ja / nee*

2 Heb je hier te maken met een oplossing of met een suspensie? *oplossing / suspensie*

3 Kun je door het mengsel van koolstof en water heen kijken? *ja / nee*

4 Heb je hier te maken met een oplossing of met een suspensie? *oplossing / suspensie*

- Vouw de filtreerpapiertjes zoals in figuur 1 en doe ze in de trechters.
- Maak de filters vochtig, dan blijven ze beter in de trechters zitten.
- Zet de trechters in de lege reageerbuizen.
- Schud het mengsel van water + inkt en giet het voorzichtig in het ene filter.
- Schud het mengsel van water + koolstof en giet het voorzichtig in het andere filter.
- Kijk goed wat er gebeurt.
- Wacht tot er niets meer uit de filters lekt.

5 Hoe zien de vloeistoffen in de opvangbuizen eruit?

..............................................................................................................................

6 In welk van de filters is een vaste stof achtergebleven?

..............................................................................................................................

7 Welke stof(fen) is (zijn) dat?

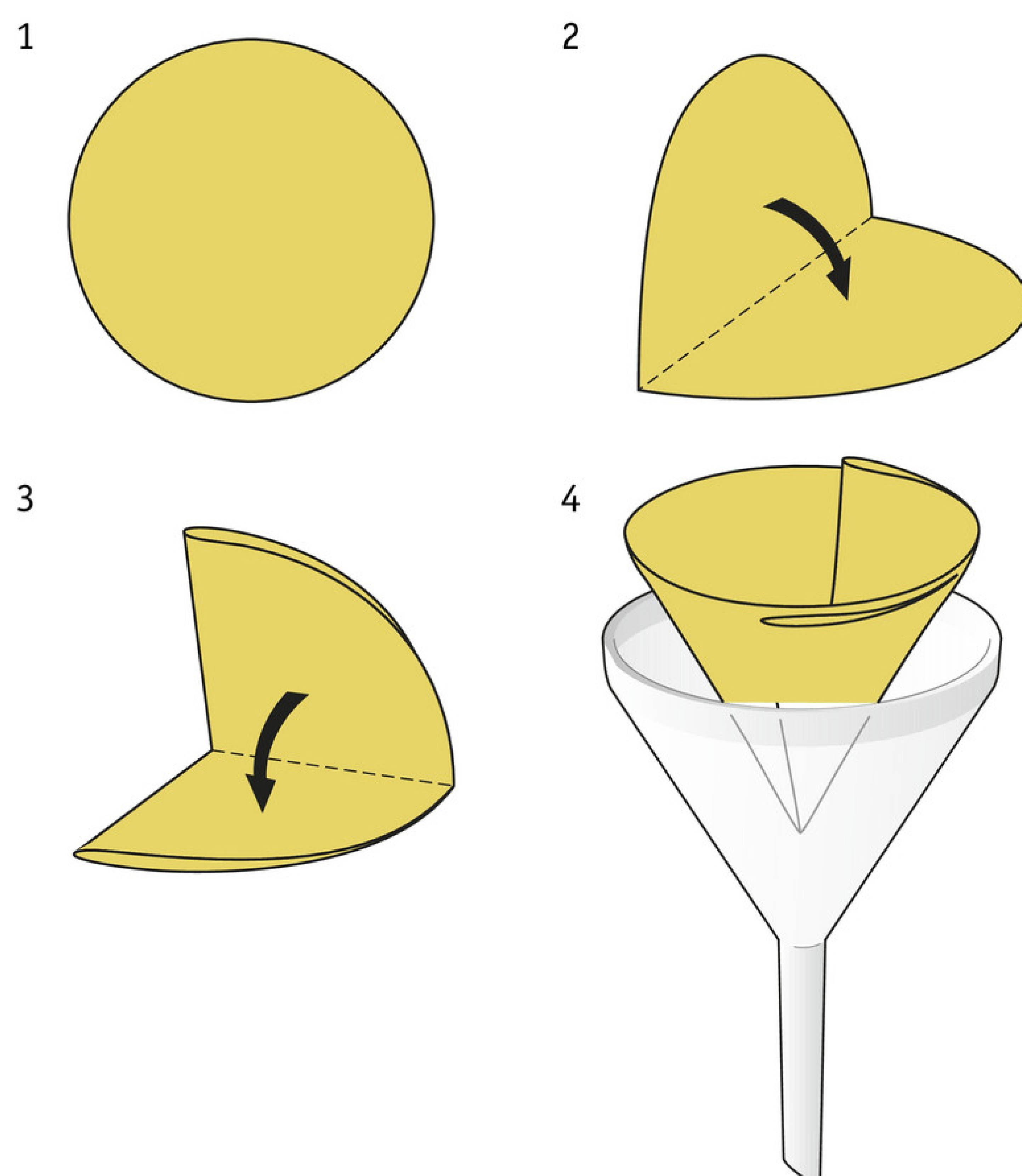
..............................................................................................................................

**8** Welke stof(fen) is (zijn) zeker door het filter gegaan bij het mengsel van water + inkt?

.......................................................................................................................

**9** Welke stof(fen) is (zijn) zeker door het filter gegaan bij het mengsel van water + koolstof?

.......................................................................................................................




**figuur 1** Zo vouw je een filter.

## PROEF 3 STEENZOUT WINNEN

30 minuten

### Inleiding

Steenzout wordt gewonnen door heet water in de bodem te pompen. Diep in de bodem ontstaat dan een mengsel van water en steenzout, dat pekel genoemd wordt. De pekel wordt daarna omhooggepompt, waarna het zout uit de pekel wordt gehaald.

### Doel

Bij deze proef ga je pekel verwarmen totdat er steenzout overblijft.

### Nodig

- ☐ steenzout
- ☐ gedestilleerd water
- ☐ bekerglas
- ☐ roerstaafje
- ☐ reageerbuis
- ☐ trechter
- ☐ filtreerpapier
- ☐ porseleinen/stalen kroesje
- ☐ brander
- ☐ driepoot
- ☐ gaasje
- ☐ lucifers/aansteker

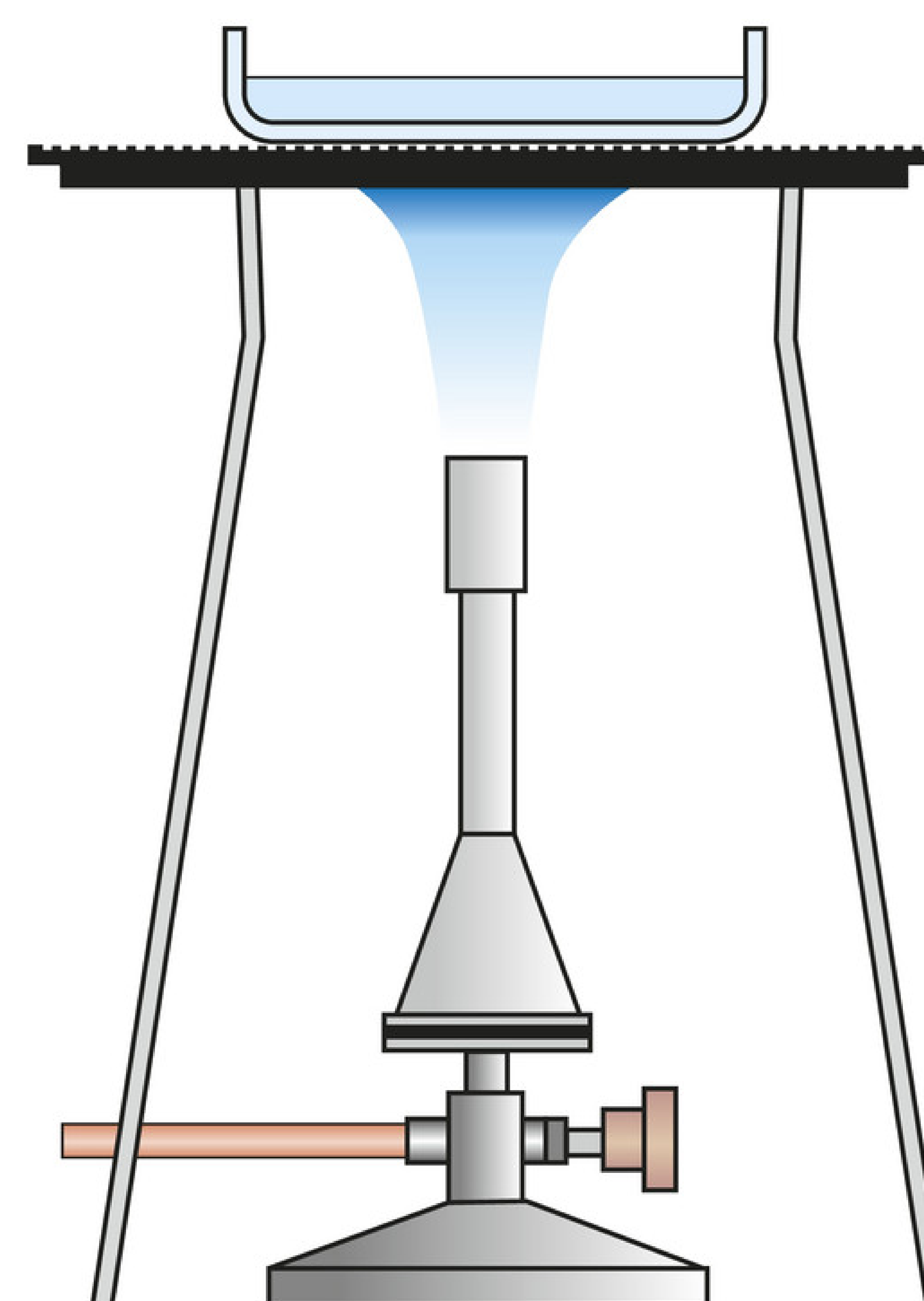
### Uitvoeren en uitwerken

*Oplossen en filtreren*

- Doe een paar schepjes steenzout in het bekerglas.
- Voeg aan het steenzout een beetje warm water toe en roer goed.
- Filtreer de vloeistof en vang het filtraat op in een reageerbuis.

*Indampen*

- Leg het gaasje op de driepoot. Zet het kroesje op het gaasje.
- Giet een beetje van de vloeistof uit de reageerbuis in het kroesje.
- Laat de gasbrander branden met een kleine kleurloze vlam (figuur 2).
- Verwarm de vloeistof in het kroesje tot al het water is verdampt.



**figuur 2** De opstelling van proef 3.

**Let op!** Haal de brander onder het gaasje vandaan als de vloeistof te veel spettert. Maak de vlam kleiner door de gasregelknop een eindje dicht te draaien. Schuif de brander daarna weer onder het gaasje.

1 Blijft er na het filtreren een vaste stof achter in het filter?

.............................................................................................................................

2 Beschrijf de inhoud van het kroesje na het indampen.

.............................................................................................................................

3 Wat kun je zeggen over de oplosbaarheid van deze stof?

.............................................................................................................................

## PROEF 4 VOLUME EN MASSA BEPALEN

30 minuten

### Inleiding

Je kunt bij het bepalen van een hoeveelheid stof naar de massa kijken of naar het volume. In de supermarkt vind je bijvoorbeeld pakken met 1 L melk, maar ook pakken met 1 kg suiker. Ook in recepten worden volume- en massa-eenheden vaak door elkaar gebruikt. Dan staat er bijvoorbeeld: “Voeg 250 g champignons en 100 mL water toe.”

### Doel

Bij deze proef bepaal je van vier rechthoekige voorwerpen het volume en de massa.

### Nodig

- ☐ 4 verschillende blokjes
- ☐ liniaal of geodriehoek
- ☐ weegschaal

### Uitvoeren en uitwerken

1 Noteer in kolom 1 van tabel 2 van welk materiaal elk blokje gemaakt is.

- Meet hoe lang de zijden van de blokjes zijn (in centimeter).

2 Zet je meetgegevens in de tabel.

3 Bereken het volume van elk blokje met de formule: $V = l \cdot b \cdot h$.
Rond het antwoord af op een geheel getal en noteer dit in kolom 5.

- Bepaal de massa van elk blokje met de weegschaal.

4 Noteer de massa van de blokjes in de laatste kolom van de tabel.

**tabel 2** De meetresultaten van proef 4.

| voorwerp | lengte | breedte | hoogte | volume | massa |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |

## PROEF 5 MET DE ONDERDOMPELMETHODE WERKEN

15 minuten

### Inleiding

Het volume van onregelmatig gevormde voorwerpen kun je niet eenvoudig berekenen met een formule. Voor zulke voorwerpen gebruik je de onderdompelmethode.

### Doel

Bij deze proef leer je hoe je het volume van twee voorwerpen bepaalt met de onderdompelmethode.

### Nodig

- ☐ maatcilinder
- ☐ aluminium blokje
- ☐ kiezelsteen

### Uitvoeren en uitwerken

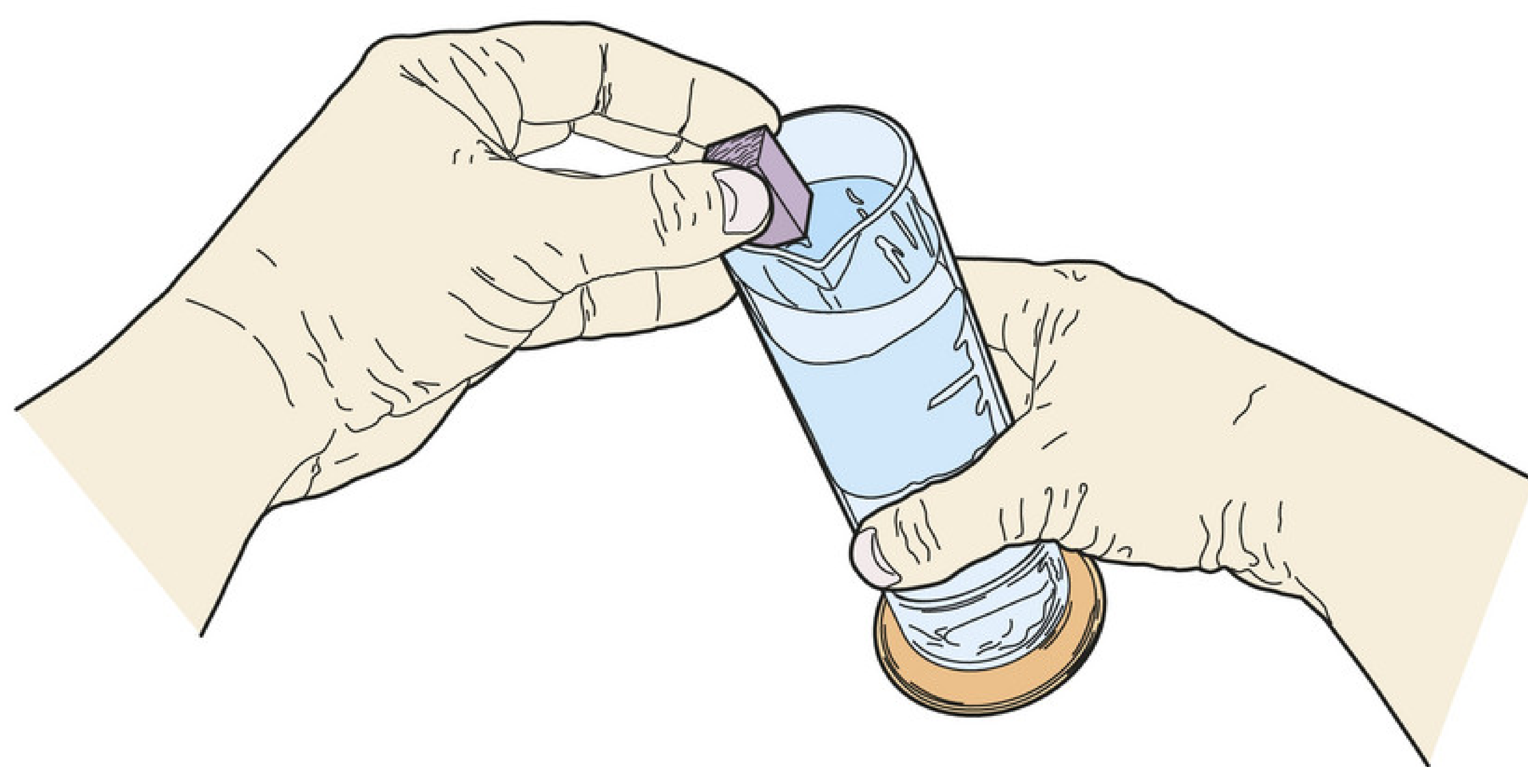
- Vul de maatcilinder voor ongeveer twee derde met water. Lees de stand van het water af (in $cm^3$).

Zie de vaardigheid *Meetinstrumenten aflezen*.

1 Vul in:

De beginstand is ..................... $cm^3$.

- Laat het aluminium blokje voorzichtig onder water zakken (figuur 3).
- Lees weer de stand van het water af (in $cm^3$).



**figuur 3** Houd de maatcilinder schuin als je het blokje erin laat zakken.

**2** Vul in:

De eindstand is ...................... $cm^3$.

**3** Hoe groot is het volume van het blokje?
Vul in:
volume blokje = eindstand – beginstand

*V* = ...................... – ......................

*V* = ......................

- Bepaal nu het volume van een voorwerp met een onregelmatige vorm. In dit geval is dat een kiezelsteen.

**4** Bereken.
volume kiezelsteen = eindstand – beginstand

*V* = ...................... – ......................

*V* = ......................

## PROEF 6 DE DICHTHEID BEPALEN

45 minuten

### Inleiding
Onderzoekers kunnen vaak precies zeggen met welke stof ze te maken hebben, als ze de dichtheid kennen. Je kunt de dichtheid berekenen door de massa (in g) te delen door het volume (in $cm^3$). Zo vind je de dichtheid in $g/cm^3$.

### Doel
Door de dichtheid te bepalen kun je erachter komen van welke stof een voorwerp gemaakt is. Dat ga je bij deze proef doen.

### Nodig
- ☐ maatcilinder
- ☐ liniaal of geodriehoek
- ☐ weegschaal
- ☐ 5 voorwerpen

## Uitvoeren en uitwerken

- Bepaal de massa en het volume van de stoffen waarvan de vijf voorwerpen gemaakt zijn.

**1** Noteer je meetresultaten in tabel 3.

**2** Bereken de dichtheid van elk voorwerp met de formule.
Rond de uitkomsten af op één cijfer achter de komma.
Noteer de uitkomsten op de juiste plaats in de tabel.

- Vergelijk de dichtheden die je hebt gevonden met de dichtheden in tabel 1 in paragraaf 4.

**3** Noteer in de tabel van welke stof elk voorwerp waarschijnlijk gemaakt is.

**tabel 3** De meetresultaten van proef 6.

| voorwerp | massa (g) | volume ($cm^3$) | dichtheid ($g/cm^3$) | stof |
|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |

## PROEF 7 DE DICHTHEID VAN EEN VLOEISTOF BEPALEN

30 minuten

### Inleiding

Je kunt de dichtheid van een vloeistof bepalen door de massa van de vloeistof te delen door het volume.

### Doel

Bij deze proef bepaal je de dichtheid van twee vloeistoffen.

### Nodig

☐ weegschaal
☐ maatcilinder
☐ gedestilleerd water
☐ spiritus

### Uitvoeren en uitwerken

- Bedenk hoe je de massa en het volume van een hoeveelheid vloeistof kunt bepalen.

**1** Schrijf op welke metingen en berekeningen je achtereenvolgens gaat uitvoeren.

........................................................................................................

........................................................................................................

........................................................................................................

........................................................................................................

- Bepaal de dichtheid van water en van spiritus op één cijfer achter de komma.

2 Noteer alle meetresultaten, berekeningen en uitkomsten.

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

## PROEF 8 EEN ONDERZOEK UITVOEREN: ZOUT IN DE POLDER

45 minuten

### Inleiding
Stel je voor: bij een dijkdoorbraak is een flink stuk landbouwgrond overstroomd. Daardoor is er zout in de grond gekomen. Dat is nadelig voor de teelt van gewassen en de eigenaar van de grond lijdt er verlies door. De verzekeraar van de grondeigenaar wil een rapport hebben waarin onder meer staat vermeld hoeveel zout er in de grond terecht is gekomen. Daarvoor wordt een onderzoekslaboratorium ingehuurd. Jij bent bij deze opdracht de laborant die het onderzoek moet uitvoeren.

### Doel
Bij deze proef bepaal je hoe groot de hoeveelheid zout in een grondmonster is. De uitkomst moet in gram zout per kilogram grond worden gerapporteerd.

### Nodig
Bij deze proef bedenk je zelf welke practicumspullen je nodig hebt.

### Uitvoeren en uitwerken
- Bedenk hoe je de onderzoeksvraag betrouwbaar kunt beantwoorden. Wat ga je meten, welke practicumspullen heb je nodig, hoe reken je straks de antwoorden uit?

1 Maak een werkplan voor dit onderzoek.

Zie de vaardigheid *Onderzoek doen*.

- De werkplannen worden de volgende les besproken met de klas. Verbeter je eigen werkplan daarna nog indien nodig.
- Voer daarna het onderzoek uit.

**2** Noteer alle meetresultaten, berekeningen en uitkomsten.

- Je docent vertelt je of je een verslag van deze proef moet maken.

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

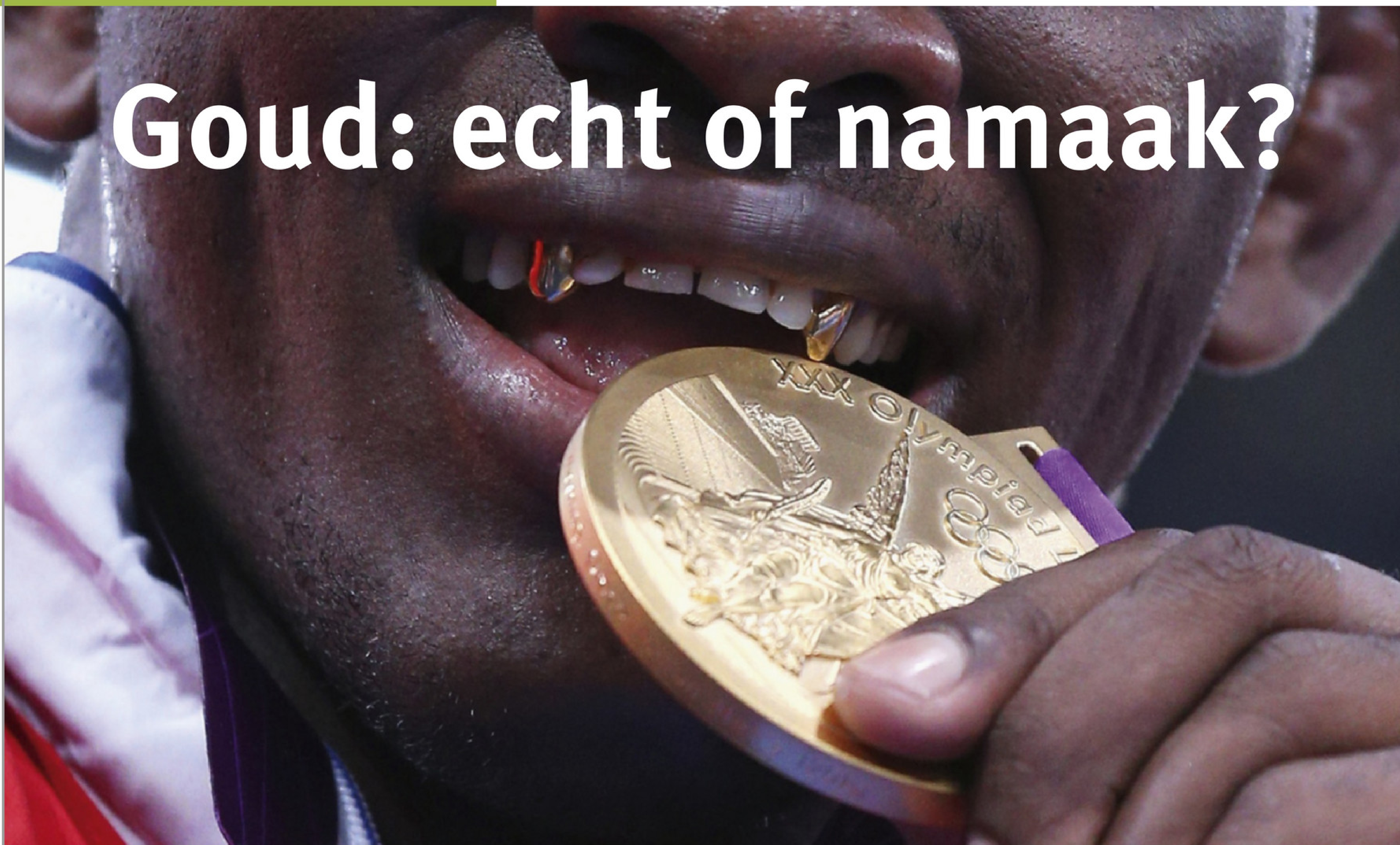
....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

....................................................................................................................................

# Goud: echt of namaak?




**Goud is geel en het glanst. Maar een metaal dat geel is en glanst, hoeft nog geen goud te zijn. Vroeger, toen er nog gouden munten in omloop waren, beten marktkooplui soms op zo'n munt om erachter te komen of hij wel echt was. Zuiver goud is zo zacht dat je tandafdrukken erin blijven staan. Het lijkt erop dat topsporters die oude gewoonte hebben overgenomen. Tijdens de Olympische Spelen bijten de winnaars altijd even op hun medaille, al weet niemand meer waarom.**

## Echt goud?

Wanneer is een voorwerp echt van goud? We leggen deze vraag voor aan een expert: Jeanne Derksen, een professionele juwelier en goudinkoper. "Nou," zegt ze, "als je met 'goud' 100% zuiver goud bedoelt, is het antwoord: nooit. Munten en sieraden worden niet van zuiver goud gemaakt, dat is veel te zacht. Het gaat altijd om een legering: een mengsel van goud met andere metalen. Zo'n legering is harder en krasbestendiger dan zuiver goud."

"Goud is ook niet altijd geel," vertelt Derksen. "Zuiver goud wel natuurlijk, maar goudlegeringen kunnen allerlei kleuren hebben. Er is wit goud, rood goud, groen goud en zelfs paars goud. Welke kleur je krijgt, hangt af van de metalen in de mix. Gouden sieraden worden vaak gemaakt van legeringen waar veel zilver in zit. Die zijn fel geel, anders dan zuiver goud dat warm, oranjeachtig geel is. Legeringen met veel koper hebben juist een rode glans."

## Keurtekens

Maar hoe kun je er dan achter komen hoeveel goud een voorwerp bevat? Derksen legt uit: "Dat kun je zien aan het keurteken dat erin geslagen is. Elk land heeft zijn eigen keurtekens. Het Nederlandse keurteken, dat is afgebeeld in figuur 1, betekent bijvoorbeeld dat de gebruikte legering voor 750/1000 – dus voor driekwart oftewel 75% – uit goud bestaat."

> *"Een sieraad van 14 karaats goud bestaat in werkelijkheid maar voor iets meer dan de helft uit goud."*

"Maar let op," zegt ze, "juweliers hebben hun eigen manier om het goudgehalte aan te geven. Ze gebruiken een speciale eenheid: de karaat. Daar hoort een schaal bij die van 0 tot 24 karaat loopt. 0 karaat is 0% goud, 6 karaat is 25% goud, 12 karaat is 50% goud, 18 karaat is 75% goud en 24 karaat is 100% goud. Als er een 750-keurteken op een voorwerp staat, zal een juwelier zeggen dat het van 18 karaats goud gemaakt is."




**figuur 1** Het keurteken voor 75% goud.

### Het goudgehalte van 'goud'

In Nederland mogen voor gouden sieraden vier soorten legeringen gebruikt worden. Elk soort legering heeft zijn eigen keurteken (figuur 2). "Deze vier legeringen worden in de winkel gewoon goud genoemd," verduidelijkt Derksen, "al gaat het natuurlijk niet om zuiver goud. Een sieraad van 14 karaats goud bestaat in werkelijkheid maar voor iets meer dan de helft uit goud."

*"In de Verenigde Staten is '10k gold' – dat voor minder dan de helft uit goud bestaat – heel populair."*

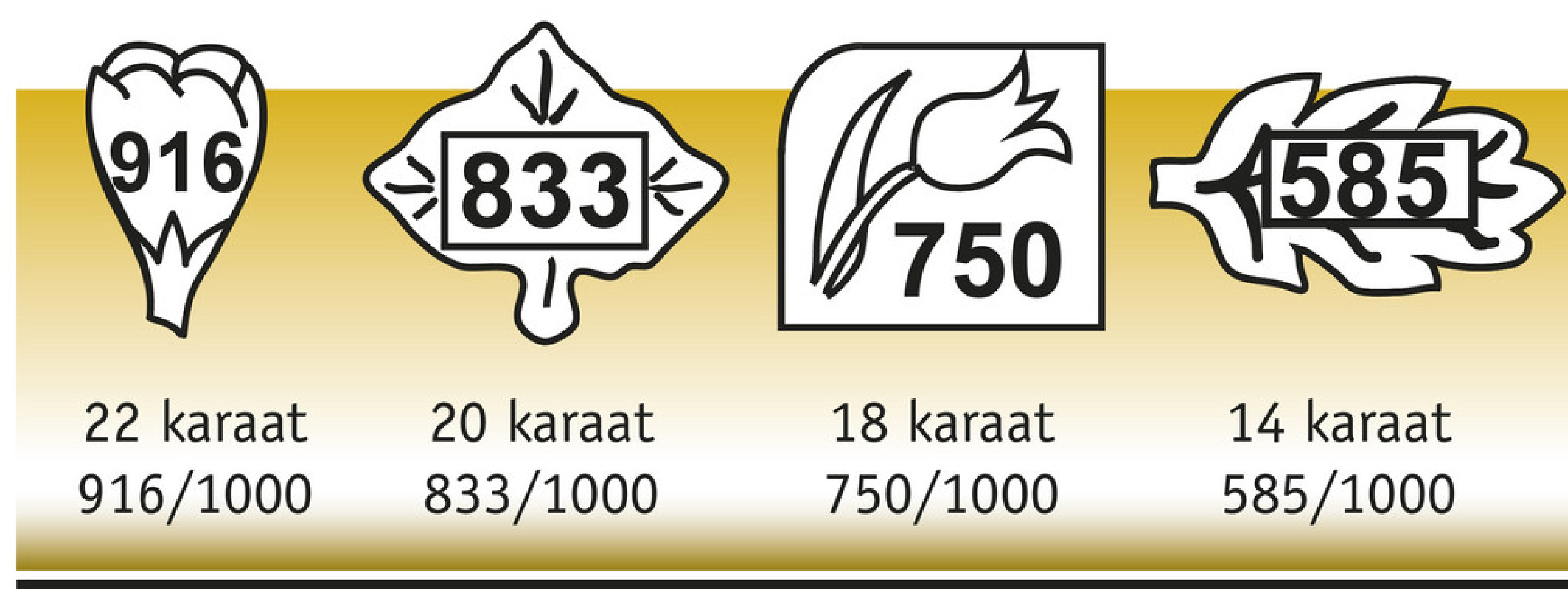
### Goud testen

Maar hoe kun je nagaan of het allemaal wel klopt? Zo'n keurteken kan toch ook vervalst zijn? Derksen vertelt dat ze een voorwerp eerst goed bekijkt. "Soms zie je aan een slijtplek dat het om verguld koper of zilver gaat. Ik kijk ook goed of het metaal ergens is aangetast. Als dat zo is, weet je dat het goudgehalte nooit hoog kan zijn."

Daarna laat ze zien hoe ze een gouden armband test. Ze zet drie flesjes op tafel (figuur 3). "Pas op," zegt ze, "dit zijn agressieve zuren die je absoluut niet in je kleren of op je huid moet krijgen." Ze wijst op een flesje met '14 K' op het etiket. "Deze vloeistof heet '14 karaats water'. Maar vergis je niet, dit is salpeterzuur, een gemeen goedje. De meeste metalen lossen er vlot in op, maar goud van 14 karaat of meer kan er wel tegen."

Derksen pakt de armband en wrijft hem stevig over een toetssteen, een vierkant stuk leisteen met een glad oppervlak. In figuur 4 zie je dat er een gele streep op de steen achterblijft. Voorzichtig druppelt ze een beetje van de testvloeistof op de streep, maar er gebeurt niets. "Dat is precies wat je graag wilt zien," zegt Derksen. "Als de streep niet oplost, weet je dat het om echt goud gaat, van minstens 14 karaat."

Ze maakt een nieuwe streep op de toetssteen en pakt nu het flesje met '18 K' erbij. Deze keer verdwijnt de gele streep meteen als ze er een paar druppels testvloeistof op laat vallen. "Je ziet dat het goud nu wel oplost," zegt ze. "Dat betekent dat het goudgehalte lager is dan 18 karaat. Waarschijnlijk gaat het om 14 karaats geel goud, dat is een populaire legering."




**figuur 2** De keurtekens voor de vier legeringen die in Nederland gebruikt mogen worden.




**figuur 3** Testvloeistoffen om het goudgehalte in een legering te bepalen.

## Dichtheid

"Dit was maar een snelle eerste test," zegt Derksen, "maar het geeft een idee hoe je het goudgehalte kunt testen. Als de uitkomst klopt met het keurteken, zegt dat meestal wel genoeg. En anders kun je nog de dichtheid bepalen, als extra controle. Dat is een andere methode die ook betrouwbare resultaten geeft."

Derksen laat een tabel zien met de dichtheden van verschillende goudlegeringen (tabel 1). "Voor de meeste vervalsingen wordt zilver en koper gebruikt," vertelt ze. "Maar goud is erg zwaar, het heeft een veel grotere dichtheid dan zilver en koper. Dat is voor ons erg handig. Een vervalsing kan er bedrieglijk echt uitzien, zeker als je niet elke dag met goud werkt. Maar als je de dichtheid bepaalt, valt een vervalsing keihard door de mand."

Geloof het of niet: een gouden olympische medaille zou bij zo'n test ook keihard door de mand vallen. De gouden medailles van de Olympische Spelen in 2016 bestonden bijvoorbeeld maar voor 1,2% uit goud, de rest is zilver. Een medaille van 500 g bevat maar 6 g goud, in een dun laagje aan de buitenkant. Het is maar goed dat de sporters niet erg hard op hun gouden plak bijten. Anders konden er weleens een paar tanden sneuvelen...

**tabel 1** De dichtheid van enkele goudlegeringen (g/cm$^3$).

| | 585 / 14k | 750 / 18k | 916 / 22k | 100 / 24k |
|---|---|---|---|---|
| geel goud | 13,6 | 15,5 | 17,8 | - |
| rood goud | 13,0 | 15,0 | 17,6 | - |
| puur goud | - | - | - | 19,3 |

**figuur 4** Het goudgehalte in een legering bepalen.



## OPDRACHTEN

**1** In de tekst kom je drie manieren tegen om gouden voorwerpen te testen. Welke stofeigenschap van goud helpt je om 'echt goud' te herkennen:
- **a** als je stevig op een gouden tientje (ouderwets muntstuk) bijt?
- **b** als je een 'goudkras' op een toetssteen test met salpeterzuur?
- **c** als je de massa en het volume van een gouden voorwerp meet?

**2** Leonne heeft op vakantie een armband gekocht van '9 karaats goud'.
- **a** Mag deze legering in Nederland 'goud' genoemd worden? Licht je antwoord toe.
- **b** Laat zien dat 9 karaat overeenkomt met 375/1000 oftewel 37,5%.

**3** 'Geel goud' van 18 karaat heeft een grotere dichtheid dan 'rood goud' van 18 karaat.
- **a** Met welk metaal wordt zuiver goud gemengd:
  - om het de felgele kleur te geven van 'geel goud'?
  - om het de rode gloed te geven van 'rood goud'?
- **b** Vergelijk de dichtheid van de metalen die je bij opdracht a hebt opgeschreven. Hoe komt het dat 'geel goud' een grotere dichtheid heeft dan 'rood goud'?

# Leerstofoverzicht

## 2.1 STOFFEN IN HUIS

### ONTHOUD

- Eigenschappen waaraan je stoffen kunt herkennen, noem je stofeigenschappen. Voorbeelden van stofeigenschappen zijn: geur, kleur, smaak en brandbaarheid.
- Een stof kan op meerdere manieren gevaarlijk zijn:
  - als je de stof inademt;
  - als je de stof inslikt;
  - als je de stof op je kleren, op je huid of in je ogen krijgt;
  - als je met vuur bij de stof komt;
  - als je de stof mengt met een andere stof.
- Op de verpakkingen van gevaarlijke stoffen staan waarschuwingen. De gevaren worden bovendien aangegeven met pictogrammen, ook wel gevarensymbolen genoemd.

### BEGRIPPEN

**brandbaarheid**
Stofeigenschap die aangeeft hoe goed een stof kan branden.

**gevarensymbool**
Een afbeelding (pictogram) die aangeeft voor welk gevaar je moet oppassen.

**stofeigenschap**
Een eigenschap waaraan je een stof kunt herkennen en die je kunt gebruiken om stoffen te onderscheiden.

## 2.2 ZUIVERE STOFFEN EN MENGSELS

### ONTHOUD

- Een mengsel bestaat uit meerdere stoffen. Een zuivere stof bestaat uit één stof.
- Stoffen bestaan uit heel kleine deeltjes. Deze deeltjes worden moleculen genoemd.
- Afmetingen van moleculen worden gemeten in nanometers. 1 nm = 0,000 000 001 m.
- Als je een vaste stof mengt met een vloeistof en de vaste stof verdwijnt, dan ontstaat een oplossing. Oplossingen zijn altijd helder. Je kunt erdoorheen kijken.
- Als een vloeibaar mengsel troebel (ondoorzichtig) is, kan het dus geen oplossing zijn. Zo'n mengsel is een suspensie.
- Met heet water, maar ook met andere vloeistoffen, kun je geur-, kleur- en smaakstoffen uit vaste stoffen halen. Je krijgt dan een oplossing. Dit proces noem je extraheren.
- Met een filter kun je een vaste stof van een vloeistof scheiden. In een filter zitten heel kleine gaatjes. De vaste stof die achterblijft in het filter noem je het residu. De vloeistof die door het filter heen gaat, is het filtraat. Dit proces noem je filtreren.

### BEGRIPPEN

**extraheren**
Scheidingsmethode om oplosbare vaste stoffen te scheiden van niet-oplosbare vaste stoffen.

**filtraat**
De vloeistof die door het filter heen loopt tijdens het filtreren.

**filtreren**
Scheidingsmethode om een vaste stof te scheiden van een vloeistof met behulp van een filter.

**mengsel**
Stof die uit twee of meer soorten moleculen bestaat.

**moleculen**
Heel kleine deeltjes waar stoffen uit bestaan.
**oplossing**
Mengsel van twee (of meer) stoffen waarbij de opgeloste stof volledig is opgenomen in het vloeibare oplosmiddel.
**residu**
Deeltjes die achterblijven op het filter nadat alle vloeistof door het filter is gelopen.
**suspensie**
Vloeistof waarin een fijn verdeeld poeder zweeft.
**zuivere stof**
Stof die uit één soort moleculen bestaat.

## 2.3 MASSA EN VOLUME

### ONTHOUD

- Met een weegschaal kun je de massa van een voorwerp of een hoeveelheid stof bepalen. De massa wordt gemeten in de eenheid kilogram (kg). 1 kg = 1000 g.
- Met een maatcilinder kun je het volume van een hoeveelheid vloeistof bepalen. Het volume is de ruimte die de vloeistof inneemt. Je meet het volume in liter (L) of milliliter (mL). 1 L = 1000 mL.
- Van rechthoekige voorwerpen kun je het volume berekenen met de formule: $V = l \cdot b \cdot h$.
- Van een cilinder kun je het volume berekenen met de formule: $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$.
- Het volume van onregelmatig gevormde voorwerpen kun je bepalen met de onderdompelmethode.

### BEGRIPPEN

**massa**
Maat die aangeeft uit hoeveel stof een voorwerp bestaat.
**onderdompelmethode**
Methode om het volume van een voorwerp met een onregelmatige vorm te bepalen.
**volume**
Maat voor de ruimte die een voorwerp of stof inneemt.

## 2.4 DICHTHEID

### ONTHOUD

- Om te bepalen welke van twee stoffen het ‘lichtst’ is, kun je stoffen eerlijk vergelijken door de massa van 1 $cm^3$ van beide blokjes te bepalen. Het blokje met de kleinste massa is gemaakt van de ‘lichtste’ stof.
- De dichtheid van een stof geeft aan hoe groot de massa is van een blokje van 1 $cm^3$ van die stof. De dichtheid is een stofeigenschap.
- Je kunt de dichtheid van een stof berekenen met de formule: $\rho = \frac{m}{V}$.
- Een voorwerp drijft op water als de dichtheid van het voorwerp kleiner is dan de dichtheid van water (1,0 $g/cm^3$).
- Een voorwerp zinkt in water als de dichtheid van het voorwerp groter is dan de dichtheid van water.
- Een voorwerp zweeft in water als de dichtheid van het voorwerp precies gelijk is aan de dichtheid van water.

### BEGRIPPEN

**dichtheid**
De massa van 1 $cm^3$ van een stof.


Ga naar de *Flitskaarten* en de *Diagnostische toets*.

# 3 Water

## HET WEER

**Water en het weer hebben veel met elkaar te maken. Een feest is geen feest meer als de regen opeens met bakken uit de hemel komt. Wintersporters kunnen niet skiën als er te weinig sneeuw is gevallen. Mist en ijzel kunnen het verkeer helemaal lamleggen. Maar als het erg warm is, kan water ook voor verkoeling zorgen.**



# 1 IJs, water, waterdamp

## LEERDOELEN

3.1.1 Je kunt de drie fasen van water herkennen in de praktijk.

3.1.2 Je kunt de drie fasen waarin water kan voorkomen beschrijven met het deeltjesmodel.

3.1.3 Je kunt met het deeltjesmodel verklaren waarom ijs en veel andere vaste stoffen een kenmerkende kristalstructuur hebben.

EXTRA 3.1.4 Je kunt uitleggen wat cohesie en adhesie zijn.

| TAXONOMIE | LEERDOELEN EN OPDRACHTEN | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 3.1.1 | 3.1.2 | 3.1.3 | 3.1.4 |
| Onthouden | | 2abc | | 10ab, 11ad |
| Begrijpen | 1, 4ab, 5, 6ab, 7abc | 3 | | 11bce |
| Toepassen | 4c | 8ac | 8b | |
| Analyseren | | 9ab | | |

**Regen, sneeuw, mist, hagel, rijp en dauw zien er heel verschillend uit. Regen bestaat uit doorzichtige druppels, sneeuwvlokken zijn wit en donzig, mist is een dichte, grijze nevel die je het zicht beneemt op de wereld om je heen, enzovoort. Toch gaat het bij al deze weersverschijnselen om dezelfde stof: water.**

## VAST, VLOEIBAAR EN GASVORMIG

Water kan, net als veel andere stoffen, voorkomen in drie toestanden:

- als **vaste stof**: ijs;
- als **vloeistof**: (vloeibaar) water;
- als **gas**: waterdamp.

Deze drie toestanden worden ook wel **fasen** genoemd.

Sneeuw, hagel en rijp bestaan uit ijs (figuur 1). Als je er een handvol van oppakt, smelt het ijs in je warme hand en blijft er alleen wat smeltwater over. Regen, mist en dauw bestaan uit waterdruppels. Bij regen en dauw kun je die druppels vaak goed zien, bij mist zijn ze microscopisch klein.



**figuur 1** Rijp bestaat uit allemaal kleine ijskristallen.



figuur 2 Door de lage temperatuur van de lucht ontstaan er zichtbare 'nevelwolkjes'.

Het lastige bij waterdamp is dat je die niet kunt zien. Vaak wordt de naam 'waterdamp' gebruikt voor een nevel die uit fijne druppeltjes water bestaat. Maar dat is niet juist. Een nevel bestaat uit vloeibaar water, al zijn de druppeltjes zo klein dat je ze niet afzonderlijk kunt zien. Waterdamp is geen nevel, maar een onzichtbaar gas in de lucht om je heen. Een nevel van hete waterdruppeltjes wordt vaak 'stoom' genoemd. Ook dat is niet juist. Stoom is hete waterdamp. Stoom is dus ook een onzichtbaar gas. In de lucht die je uitademt, zit verhoudingsgewijs veel waterdamp. Normaal gesproken merk je dat niet. Maar bij koud weer kan de waterdamp in je adem overgaan in kleine waterdruppeltjes, doordat je warme adem afkoelt in de koude buitenlucht. Je ziet dan een kleine nevelwolk voor je mond verschijnen (figuur 2).

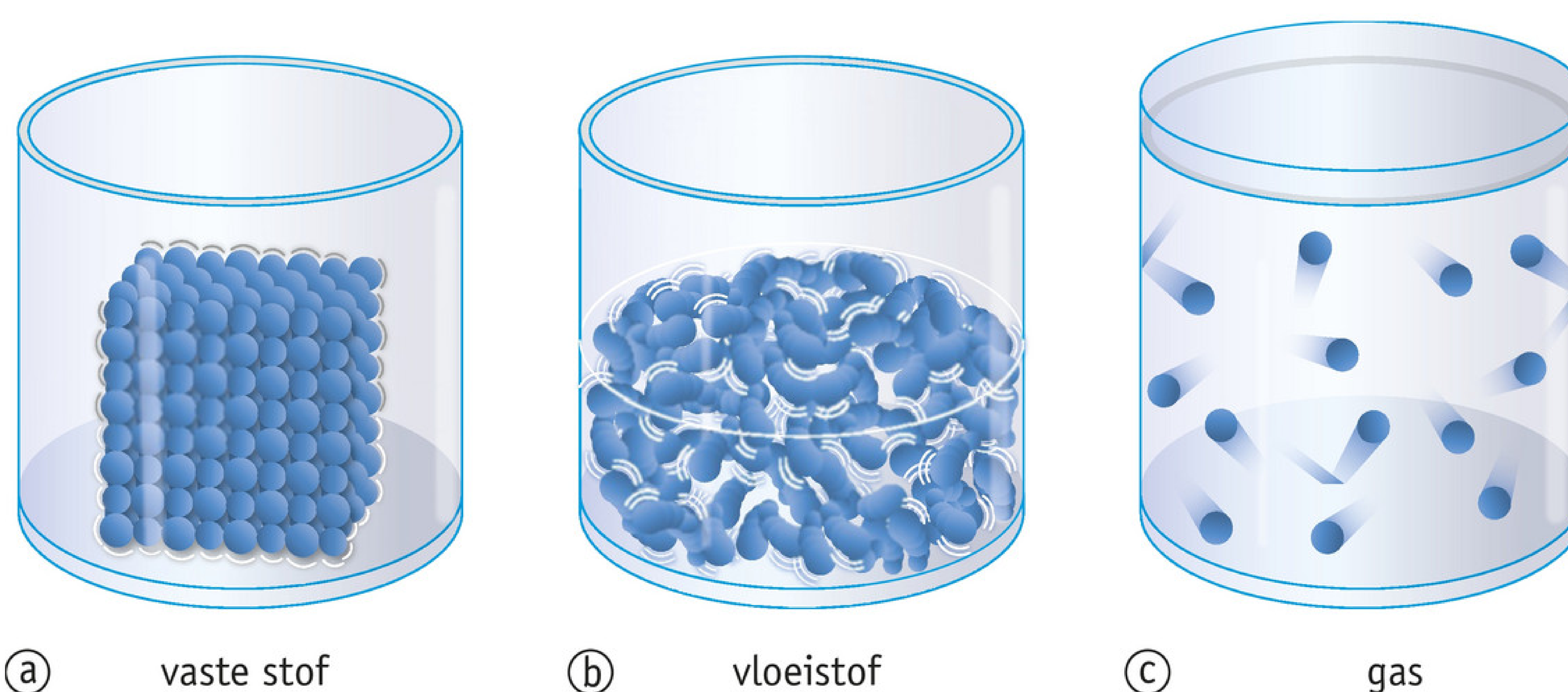
## DE FASEN IN HET DEELTJESMODEL

Je kunt niet zien hoe de moleculen van een stof zoals water zich gedragen. Maar je kunt wel proberen je dat voor te stellen. Je probeert dan voor je te zien wat moleculen doen en hoe ze elkaar beïnvloeden. Zo kun je je een beeld vormen van wat een stof is. Zo'n beeld noem je ook wel een 'model van een stof'.

In de natuurkunde en scheikunde wordt veel gebruikgemaakt van het **deeltjesmodel**. In dit model bestaat een stof steeds uit dezelfde moleculen, of de stof nu vast, vloeibaar of gasvormig is. Dat een stof verschillende fasen heeft, komt doordat de moleculen op verschillende manieren kunnen bewegen (en niet doordat de moleculen zelf veranderen).

### VASTE STOF

In een vaste stof hebben alle moleculen een eigen, vaste plaats (figuur 3a). De moleculen staan niet helemaal stil: ze trillen voortdurend heen en weer rond een gemiddelde 'evenwichtsstand'. Hierbij raken ze hun vaste positie ten opzichte van de andere moleculen niet kwijt. Een blok ijs heeft daardoor niet alleen een vast volume, maar ook een vaste vorm.




figuur 3 De moleculen in een vaste stof, een vloeistof en een gas.

### VLOEISTOF

In een vloeistof hebben de moleculen geen vaste plaats. Ze bewegen voortdurend in alle richtingen langs elkaar heen (figuur 3b). Doordat de moleculen niet aan een vaste plaats gebonden zijn, heeft een waterdruppel geen vaste vorm. De moleculen blijven wel zo dicht mogelijk bij elkaar. Daardoor heeft een druppel water wel een vast volume.

### GAS

In een gas bewegen de moleculen los van elkaar. Ze verspreiden zich meteen over de ruimte waar het gas in zit (figuur 3c). Hun onderlinge afstand is gemiddeld erg groot. De moleculen beïnvloeden elkaar niet, behalve wanneer ze op elkaar botsen. Een gas zoals waterdamp heeft daardoor geen vaste vorm en ook geen vast volume.

### KRISTALLEN

Sneeuw bestaat uit ijskristallen die allerlei mooie vormen hebben. In al die verschillende vormen kun je dezelfde zeshoekige structuur herkennen. Deze **kristalstructuur** is kenmerkend voor ijs (figuur 4). Veel vaste stoffen hebben een eigen kenmerkende kristalstructuur.



**figuur 4** De ijskristallen in sneeuwvlokken hebben een herkenbare zeshoekige structuur.

Dat kristallen een vaste vorm hebben, kun je verklaren met het deeltjesmodel. Omdat de moleculen van een stof allemaal gelijk zijn, kunnen ze op een regelmatige manier 'gestapeld' worden, net zoals sinaasappels in een supermarkt (figuur 5). Zo ontstaat een **kristalrooster** waarin elk molecuul een vaste plaats heeft.

Kristallen kunnen microscopisch klein zijn, maar ook centimeters groot. Een stuk bergkristal bestaat uit grote kristallen die aan elkaar zijn vastgegroeid. De kristalstructuur is dan ook met het blote oog goed waarneembaar (figuur 6).



**figuur 5** Een model van een kristal met sinaasappels als moleculen.



**figuur 6** Een stuk bergkristal.



**Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

## EXTRA COHESIE EN ADHESIE

Moleculen van dezelfde stof trekken elkaar aan. Dat heet cohesie. Er kan ook een aantrekkingskracht bestaan tussen moleculen van verschillende stoffen. Dat heet adhesie. Cohesie zorgt ervoor dat een waterdruppel een bolvorm aanneemt: de moleculen gaan zo dicht mogelijk op elkaar zitten. Adhesie zorgt ervoor dat een waterdruppel aan een kraan blijft hangen (figuur 7).



**figuur 7** Een druppelende kraan: een voorbeeld van cohesie en adhesie.

Als je een suikerklontje met één uiteinde in het water houdt, zuigt het klontje zich vol met water. Dat komt doordat de adhesie (tussen suiker- en watermoleculen) veel groter is dan de cohesie (tussen de watermoleculen onderling). Daardoor kruipt water snel in de kleine openingen tussen de suikerkorrels.

Bij materialen die water absorberen, zoals keukenpapier en katoen, is de adhesie groter dan de cohesie in het water. Bij andere stoffen is dat precies omgekeerd. Waterdruppels blijven bijvoorbeeld op een vettig oppervlak liggen, omdat vet- en watermoleculen elkaar niet aantrekken: er is geen adhesie, alleen cohesie.

## LEERSTOF

**1** In welke toestand is het water?

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| A | sneeuw | ○ | | |
| B | regen | ○ | ○ 1 | vast |
| C | hagel | ○ | ○ 2 | vloeibaar |
| D | dauw | ○ | ○ 3 | gasvormig |
| E | rijp | ○ | | |
| F | mist | ○ | | |

**2** Hoe bewegen de moleculen volgens het deeltjesmodel:
**a** in een vaste stof?
**b** in een vloeistof?
**c** in een gas?

**3** Een waterdruppel heeft geen vaste vorm, maar wel een vast volume.
Geef hiervoor een verklaring met behulp van het deeltjesmodel.

## TOEPASSING

**4** In figuur 8 zie je een ketel met kokend water.

**a** In welke fase is het water bij A? Waaraan zie je dat?

**b** In welke fase is het water bij B? Waaraan zie je dat?

**c** Hete waterdamp wordt ook wel stoom genoemd.
Waar is het water stoom, bij A of bij B? Licht je antwoord toe.




**figuur 8** In welke fasen is het water?

**5** Mist bestaat uit kleine druppeltjes vloeibaar water.
Hoe merk je dat als je door dichte mist loopt of fietst?

**6** De foto in figuur 9 is vlak na een ijzelbui gemaakt. De ijzel heeft een doorzichtig laagje gevormd op een tak.

**a** In welke fase was het water toen het de tak raakte? Waaraan zie je dat?

**b** In welke fase was het water toen de foto gemaakt werd? Waaraan zie je dat?



**figuur 9** Een close-up van het ijzellaagje op een tak.

**7** Brandstoffen kunnen zowel vast, vloeibaar als gasvormig zijn.
Geef een voorbeeld uit het dagelijks leven:
- **a** van een vaste brandstof.
- **b** van een vloeibare brandstof.
- **c** van een gasvormige brandstof.

**★ 8** Leg uit met het deeltjesmodel hoe het komt:
- **a** dat je een gas gemakkelijk kunt samenpersen, maar een vloeistof niet.
- **b** dat je een kristal alleen in bepaalde richtingen mooi in tweeën kunt splijten.
- **c** dat je snel overal in het lokaal kunt ruiken dat er een gaskraan openstaat.

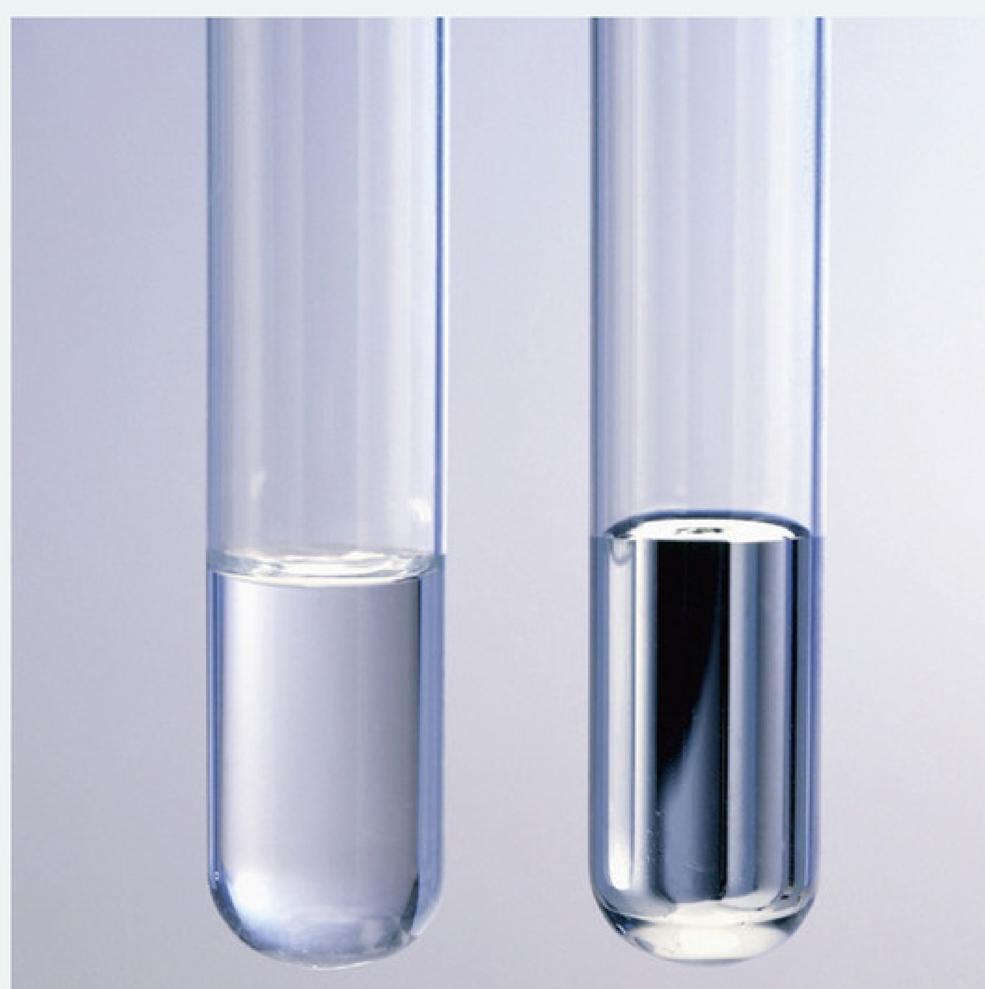
**★ 9** Een vloeistof heeft geen vaste vorm, omdat de moleculen voortdurend in alle richtingen langs elkaar heen bewegen. Een vloeistof heeft wel een vast volume, omdat de moleculen zo dicht mogelijk bij elkaar blijven.
- **a** Bedenk een proef waarmee je kunt laten zien dat een vloeistof geen vaste vorm heeft.
- **b** Bedenk een proef waarmee je kunt laten zien dat een vloeistof een vast volume heeft.


**Test je kennis met de *Test jezelf*.**

## EXTRA COHESIE EN ADHESIE

**10** Hoe wordt de aantrekkingskracht genoemd:
- **a** tussen moleculen van dezelfde stof? *adhesie / cohesie*
- **b** tussen de moleculen van verschillende stoffen? *adhesie / cohesie*

**11** Verklaar met de begrippen cohesie en adhesie:
- **a** dat een waterdruppel aan een kraan een bolvorm aanneemt (figuur 7).
- **b** dat water in een reageerbuis een holle vloeistofspiegel heeft (figuur 10).
- **c** dat je met een krijtje op een stoeptegel kunt schrijven.
- **d** dat kwik in een reageerbuis een bolle vloeistofspiegel heeft (figuur 10).
- **e** dat waterdruppels van de veren van een eend af rollen zonder dat de veren nat worden.



**figuur 10** Het water (links) heeft een holle vloeistofspiegel, het kwik (rechts) een bolle vloeistofspiegel.

# 2 Temperatuur

## LEERDOELEN

3.2.1 Je kunt beschrijven hoe je de temperatuur van de lucht om je heen kunt meten.
3.2.2 Je kunt de onderdelen van een vloeistofthermometer benoemen.
3.2.3 Je kunt uitleggen hoe een vloeistofthermometer werkt.
3.2.4 Je kunt een digitale thermometer beschrijven.
3.2.5 Je kunt uitleggen wat het meetbereik van een thermometer is.
3.2.6 Je kunt een thermometer voorzien van een schaalverdeling in graden Celsius door gebruik te maken van het smeltpunt van ijs en het kookpunt van water.
EXTRA 3.2.7 Je kunt uitleggen waarom en hoe op een vliegveld snel de lichaamstemperatuur van reizigers gemeten wordt.

| TAXONOMIE | LEERDOELEN EN OPDRACHTEN | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3.2.1 | 3.2.2 | 3.2.3 | 3.2.4 | 3.2.5 | 3.2.6 | 3.2.7 |
| Onthouden | | 1 | | 3d | | | 9a |
| Begrijpen | | | 3ac, 5bc | | 3b, 7abc | 2 | 8ac |
| Toepassen | | | | | 7d | 4 | 9bc |
| Analyseren | 6abc | | 5a | | | | 8b |

**Het weerbericht waarschuwt voor gladheid als er temperaturen ‘onder nul’ worden verwacht. Natte weggedeelten kunnen dan opvriezen, zodat er een spekglad laagje ijs op het wegdek ontstaat. Als de temperatuur van de buitenlucht stijgt tot ‘boven nul’, gaat het dooien en verdwijnt de gladheid weer. Met een weerthermometer kun je nagaan of de verwachtingen in het weerbericht uitkomen of niet.**

## DE TEMPERATUUR METEN

Je gevoel voor warm en koud is niet erg betrouwbaar. Lauw water voelt warm aan als je koude vingers hebt. Als het ’s winters waait, lijkt het kouder dan het in werkelijkheid is: hoe harder het waait, des te kouder het aanvoelt, ook al verandert de temperatuur niet.

Met een **thermometer** kun je de temperatuur van de lucht om je heen meten. Je vindt dan een getalswaarde voor de temperatuur die onafhankelijk is van je gevoel. Jij kunt het ‘flink koud’ hebben, terwijl een ander het ‘lekker fris’ vindt. Maar met een goed werkende thermometer vind je allebei dezelfde waarde voor de temperatuur.

Als je een thermometer in de zon hangt, krijgt hij een hogere temperatuur dan de buitenlucht (net zoals je huid ook opwarmt als je in de zon zit; pas als er een wolk voor de zon schuift merk je dat de lucht helemaal niet zo warm is). Een thermometer die in de zon hangt, kan de luchttemperatuur daardoor niet juist aangeven.

Weerkundigen hangen hun thermometers daarom 1,5 m boven de grond, in een wit geschilderd kastje. In de wanden van zo’n weerhut zitten openingen waar de wind vrij doorheen kan waaien (figuur 1). De thermometers in de weerhut nemen de temperatuur aan van de voorbij stromende lucht. Zo kan de luchttemperatuur betrouwbaar gemeten worden.



**figuur 1** Een weerkundige leest de temperatuur af.

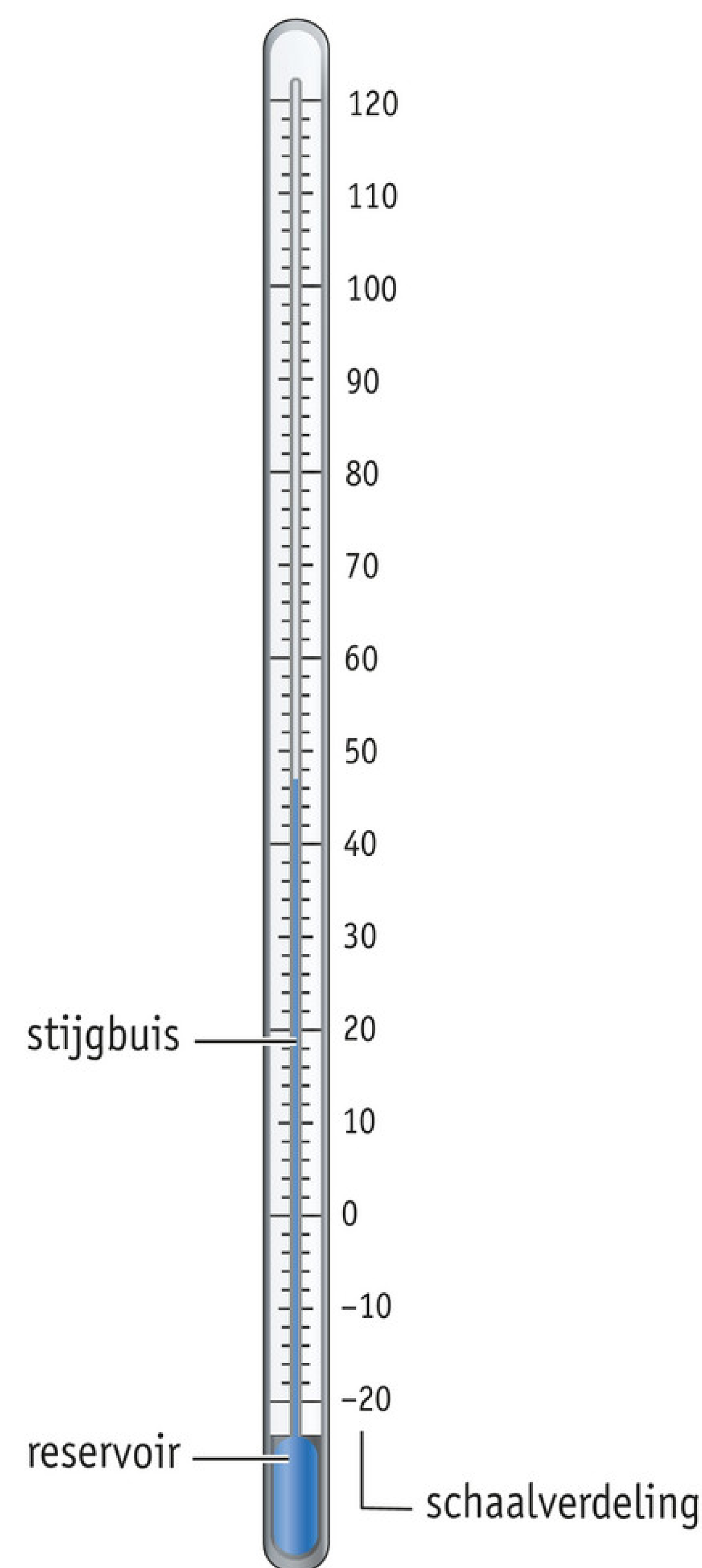
## DE VLOEISTOFTHERMOMETER

Een bekend soort thermometer is de **vloeistofthermometer**. Zo'n thermometer bestaat uit een **reservoir** en een **stijgbuis** waarlangs een schaalverdeling is aangebracht (figuur 2). Het reservoir en een deel van de stijgbuis zijn gevuld met een vloeistof. In bijna alle thermometers wordt alcohol gebruikt, waaraan voor betere zichtbaarheid een kleurstof is toegevoegd.

Als de temperatuur stijgt, zet de vloeistof in het reservoir uit. De vloeistof gaat dan in de stijgbuis omhoog. Als de temperatuur daalt, krimpt de vloeistof weer en daalt het vloeistofniveau. Omdat de buis erg nauw is, zie je de vloeistof al stijgen of dalen bij kleine temperatuurverschillen.

Je leest de temperatuur af door de hoogte van de vloeistof te vergelijken met de schaalverdeling langs de stijgbuis. In het dagelijks leven worden thermometers gebruikt met een schaalverdeling in graden Celsius (°C). Deze schaalverdeling wordt ook wel de Celsiusschaal genoemd.

Het verschil tussen de hoogste en laagste temperatuur die je met een thermometer kunt meten, noem je het **meetbereik** van de thermometer. Het meetbereik van de thermometer in figuur 2 loopt van –20 tot 120 °C.




**figuur 2** Een vloeistofthermometer.

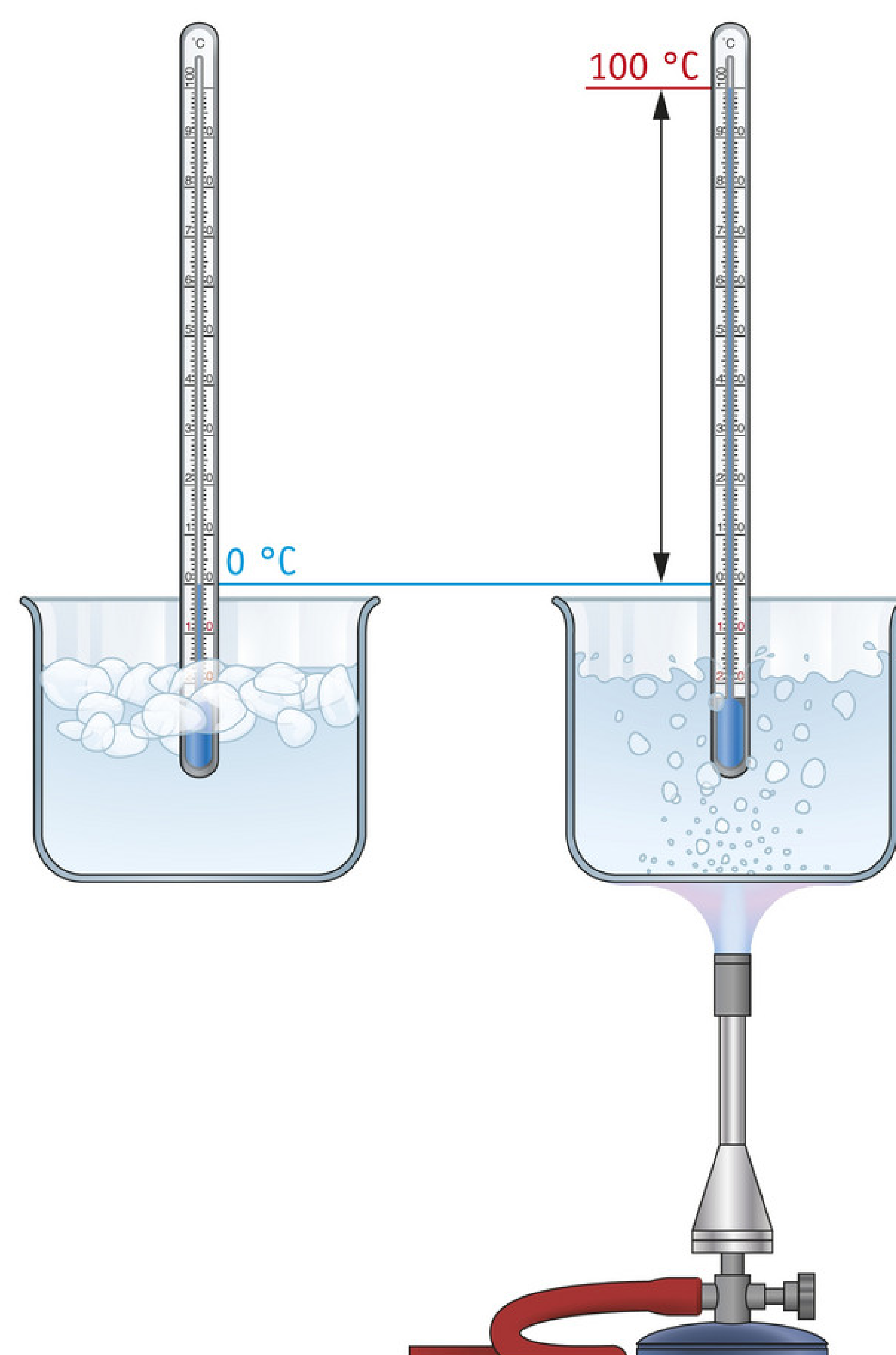
## DE CELSIUSSCHAAL

PROEF 1

In figuur 3 is getekend hoe je een thermometer kunt voorzien van een schaalverdeling in graden Celsius.

1 Neem als nulpunt (0 °C) het niveau van de vloeistof in de thermometer bij de temperatuur van smeltend ijs.
2 Neem als honderdpunt (100 °C) het niveau van de vloeistof in de thermometer bij de temperatuur van kokend water.
3 Verdeel de afstand tussen deze twee punten met streepjes in tien gelijke delen. Tussen de streepjes zit dan telkens een verschil van 10 °C.
4 Zet ten slotte ook streepjes met dezelfde tussenruimte onder het nulpunt en boven het honderdpunt.

Het is een kwestie van afspraak dat het smeltpunt van water precies 0 °C is en het kookpunt van water precies 100 °C.




**figuur 3** Een schaalverdeling voor de temperatuur maken.

## DIGITALE THERMOMETER

Vroeger werden speciale vloeistofthermometers gebruikt om je lichaamstemperatuur te meten. Zo'n koortsthermometer heeft een meetbereik van 35 °C tot 43 °C. De stijgbuis is nauwer en het reservoir is groter dan bij gewone vloeistofthermometers. Daardoor is er zoveel ruimte tussen de graadstreepjes dat je de temperatuur gemakkelijk tot op een tiende graad nauwkeurig kunt aflezen.

Tegenwoordig wordt vaak een **digitale thermometer** als koortsthermometer gebruikt. Zo'n thermometer geeft de temperatuur aan met cijfers op een klein scherm. Daarop zie je in één oogopslag hoe hoog je lichaamstemperatuur is (figuur 4). Een digitale thermometer bevat geen vloeistof die uitzet en inkrimpt als de temperatuur stijgt of daalt, maar werkt elektronisch.




**figuur 4** Een digitale oorthermometer.

**Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

## EXTRA TEMPERATUUR METEN OP VLIEGVELDEN

Met een ernstige besmettelijke ziekte mag je niet reizen. Zo voorkom je dat je andere mensen infecteert, die dan ook ziek worden. In 2020 besmette het coronavirus wereldwijd miljoenen mensen, met veel doden tot gevolg. Mensen die besmet waren met het coronavirus, mochten toen niet meer vliegen. Van het coronavirus krijgen de meeste mensen koorts. Hun lichaamstemperatuur is dan hoger dan 38 °C.




**figuur 5** Thermogram van een groep mensen.

Om die reden wordt op vliegvelden de temperatuur van reizigers gemeten. Om van veel mensen in een korte tijd de temperatuur te kunnen meten, worden warmtestralingsthermometers gebruikt. Ieder mens zendt namelijk warmtestraling uit. Deze warmtestraling kun je met het blote oog niet zien, maar een warmtestralingsthermometer neemt deze straling wel waar. Hoe hoger de lichaamstemperatuur, hoe meer warmtestraling dat lichaam uitzendt.

Een warmtestralingsthermometer maakt een thermogram (figuur 5). Dat is een plaatje waarbij verschillende temperaturen met verschillende kleuren worden aangeduid. Door de kleuren in het thermogram te bekijken, is de temperatuur vast te stellen. Als iemand koorts heeft, mag hij of zij het vliegtuig of het land niet in.

## LEERSTOF

**1** Uit welke twee onderdelen bestaat een vloeistofthermometer?

**2** Beschrijf in je eigen woorden op welke manier je een thermometer kunt voorzien van een schaalverdeling in graden Celsius.

## TOEPASSING

**3** In figuur 6 zie je vier verschillende thermometers.

**a** Lees elke thermometer zo nauwkeurig mogelijk af.

thermometer a: ...................... °C

thermometer b: ...................... °C

thermometer c: ...................... °C

thermometer d: ...................... °C

**b** Rangschik de thermometers op nauwkeurigheid. Zet de meest nauwkeurige voorop.

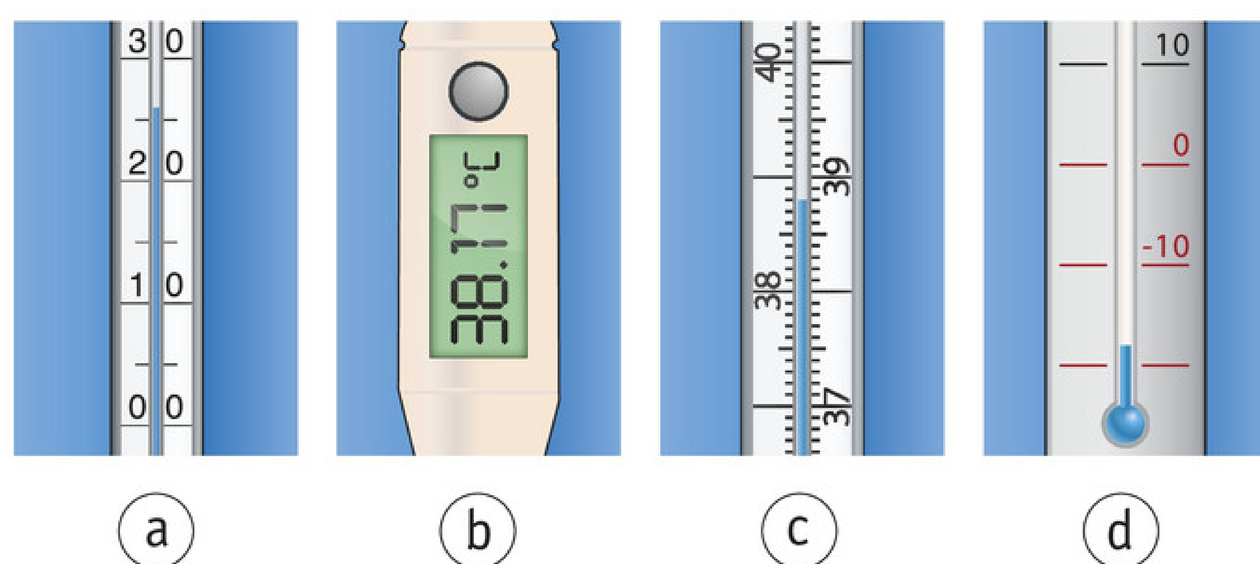
..........................................................................................

**c** Welke thermometers geven de temperatuur aan met een stof die kan uitzetten en krimpen?

..........................................................................................

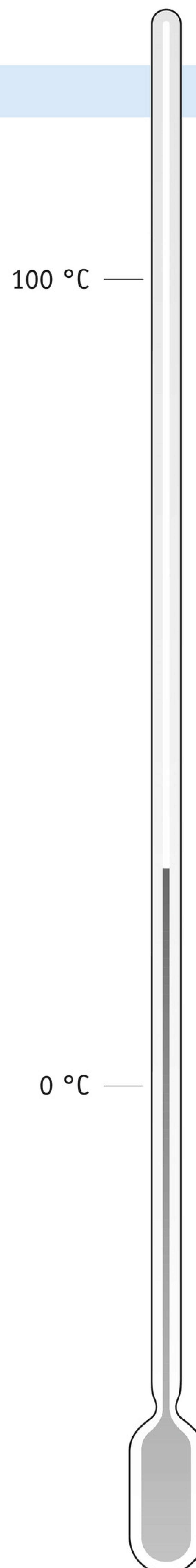
**d** Hoe noem je zo'n gemakkelijk afleesbare thermometer zoals b?

een ...................... thermometer




**figuur 6** Vier thermometers.

**4** Emma heeft een proef gedaan met een vloeistofthermometer zonder schaalverdeling. Daarbij heeft ze het nulpunt en het honderdpunt aangegeven (figuur 7).
Bepaal zo nauwkeurig mogelijk welke temperatuur de thermometer op dit moment aangeeft. Tip: maak een schaalverdeling.




**figuur 7** Een thermometer zonder schaalverdeling.

**5** De nauwkeurigheid van een vloeistofthermometer is onder meer afhankelijk van de doorsnede van de stijgbuis en de grootte van het vloeistofreservoir.
Vergelijk de volgende vier thermometers:

- Thermometer A heeft een groot vloeistofreservoir en een wijde buis.
- Thermometer B heeft een klein vloeistofreservoir en een wijde buis.
- Thermometer C heeft een groot vloeistofreservoir en een nauwe buis.
- Thermometer D heeft een klein vloeistofreservoir en een nauwe buis.

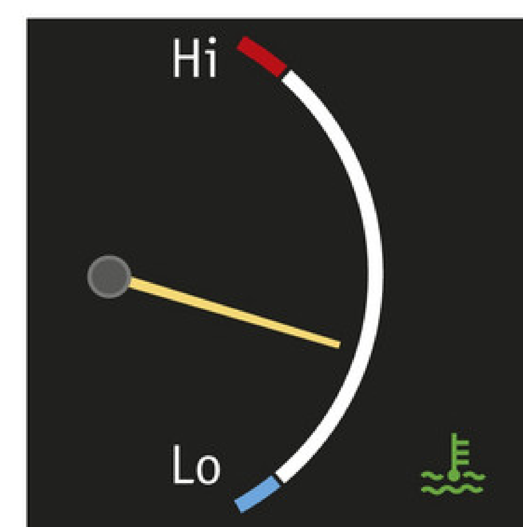
**a** Leg uit welke thermometer je het best kunt gebruiken als je kleine temperatuursveranderingen wilt meten.
**b** Welk voordeel heeft een grotere afstand tussen de graadstrepen?
**c** Welke nadelen heeft een grotere afstand tussen de graadstrepen?

**6** In de bergen kun je soms in je zwempak zonnebaden, terwijl je ligstoel in de sneeuw staat (figuur 8).
**a** Waaraan merk je dat de temperatuur van de lucht nog onder 0 °C ligt?
**b** Waaraan merk je dat de temperatuur van je huid ver boven 0 °C ligt?
**c** Stel je voor dat er naast je ligstoel een thermometer in de zon ligt.
Geeft deze thermometer betrouwbaar de luchttemperatuur aan? Licht je antwoord toe.



**figuur 8** Zonnebaden in de sneeuw.

**7** Automotoren worden gekoeld met een koelvloeistof. Op het dashboard wordt aangegeven hoe hoog de temperatuur van de koelvloeistof is (figuur 9).
**a** In hoeveel delen is de temperatuurschaal verdeeld?
**b** Wat betekenen de aanduidingen ‘Hi’ en ‘Lo’?
**c** Waar zal de wijzer staan als de motor net gestart is?
**d** Waarom is deze temperatuurschaal handiger voor een automobilist dan een schaal in graden Celsius? Licht je antwoord toe.




**figuur 9** De temperatuurschaal van een auto.

 Test je kennis met de *Test jezelf*.

## EXTRA TEMPERATUUR METEN OP VLIEGVELDEN

**8** Een oorthermometer is veel nauwkeuriger dan een warmtestralingsthermometer.

**a** Waarom wordt op een vliegveld de temperatuur van de reizigers niet gemeten met een oorthermometer?

**b** Waarom wordt een warmtestralingsthermometer op het hoofd van reizigers gericht?

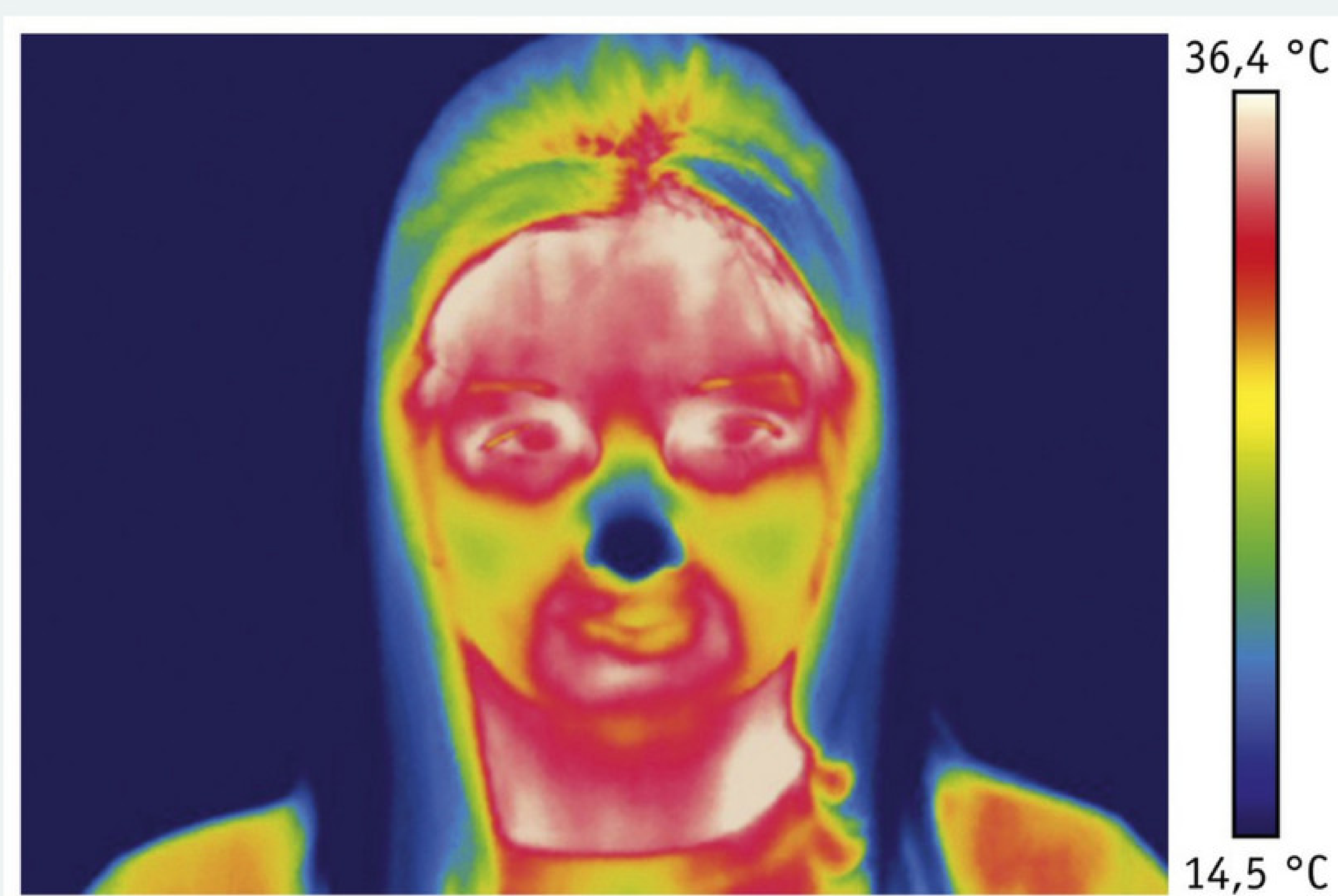
**c** Sommige reizigers moeten, nadat hun temperatuur met een warmtestralingsthermometer is bepaald, een tweede meting met een oorthermometer ondergaan.
Waarom wordt dat gedaan?

**9** In figuur 10 zie je een thermogram van het hoofd van een passagier.

**a** Welke lichaamsdeel heeft de laagste temperatuur?

**b** Waarom is de temperatuur van dat lichaamsdeel het laagst?

**c** Onder andere het voorhoofd heeft een hoge temperatuur.
Hoe zou dat komen?




**figuur 10** Thermogram van een reiziger.

# 3 Veranderen van fase

## LEERDOELEN

3.3.1 Je kunt de zes fase-overgangen van stoffen benoemen.

3.3.2 Je kunt beschrijven hoe de fase-overgangen van water een belangrijke rol spelen bij allerlei weersverschijnselen.

3.3.3 Je kunt met het deeltjesmodel verklaren hoe het komt dat de temperatuur een belangrijke rol speelt bij smelten en verdampen.

EXTRA 3.3.4 Je kunt uitleggen hoe het komt dat water krimpt bij afkoelen tot 4 °C en vervolgens weer uitzet bij verder afkoelen tussen 4 °C tot 0 °C.

| TAXONOMIE | LEERDOELEN EN OPDRACHTEN | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 3.3.1 | 3.3.2 | 3.3.3 | 3.3.4 |
| Onthouden | 2ab | 1abcde | | |
| Begrijpen | 4acdefghi, 6c | 6b, 7ab, 8a | 3, 9a | 11b |
| Toepassen | 5 | 6a, 8b | 9c | 11a, 12ab, 13 |
| Analyseren | | | 9b, 10 | |

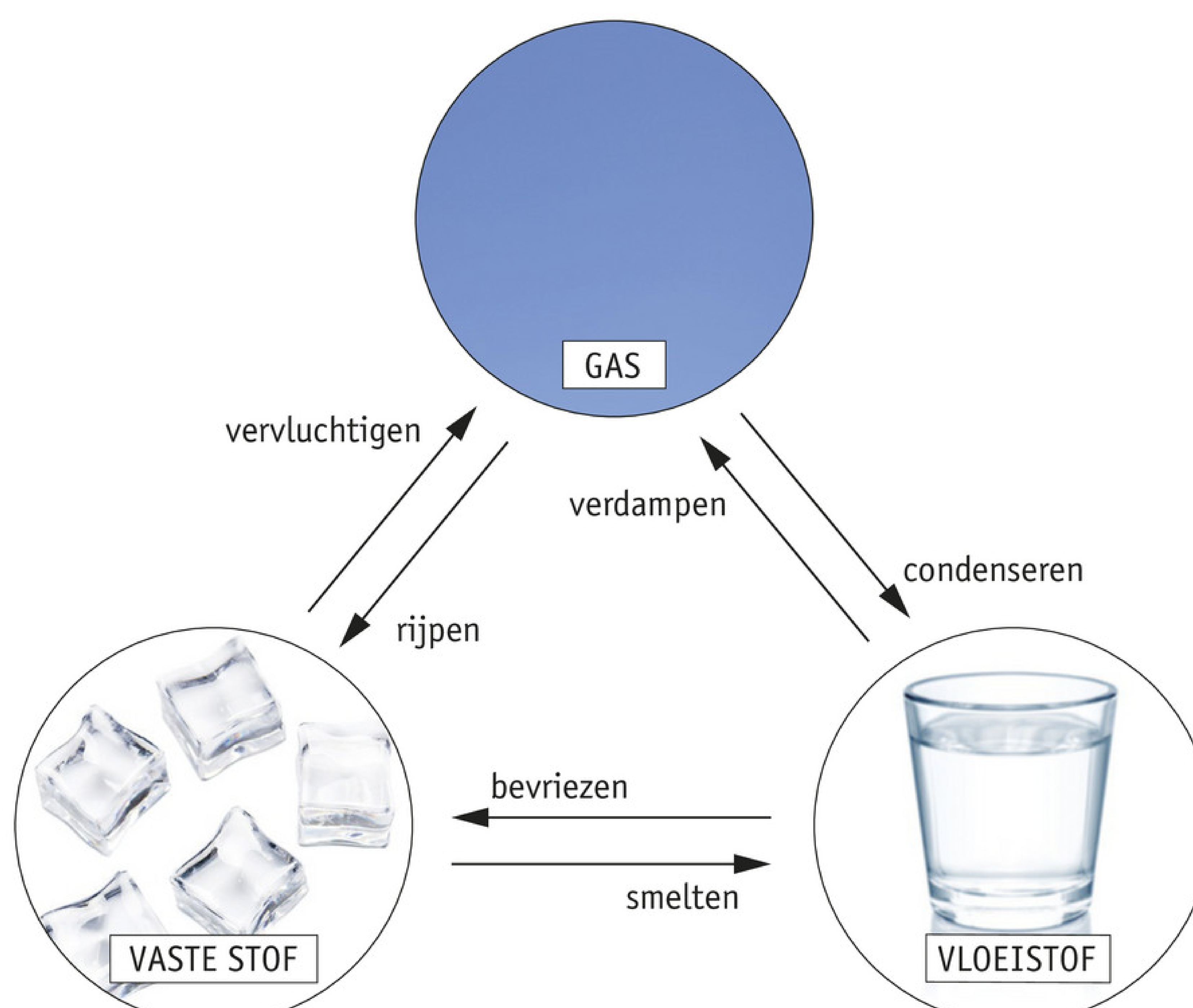
**Het weer kan plotseling omslaan. Een zomerdag kan beginnen met een strakblauwe lucht en eindigen met een flinke onweersbui. 's Winters zijn bomen en struiken na een koude nacht soms opeens bedekt met een dikke laag rijp. Als de dooi invalt, wordt het ijs waar je gisteren nog op schaatste, snel onbetrouwbaar. In al deze situaties heb je te maken met water dat van fase verandert.**

## FASE-OVERGANGEN

Als water smelt of bevriest, noem je dat een **fase-overgang**: de stof gaat over van de ene fase in de andere.

Er zijn zes fase-overgangen (figuur 1):

- **stollen**: van vloeibaar naar vast;
- **smelten**: van vast naar vloeibaar;
- **verdampen**: van vloeibaar naar gasvormig;
- **condenseren**: van gasvormig naar vloeibaar;
- **rijpen**: van gasvormig naar vast;
- **vervluchtigen**: van vast naar gasvormig.




**figuur 1** De fase-overgangen in schema.

Voor de overgang van vloeibaar naar vast bestaan twee woorden: stollen en **bevriezen**. Van water zeg je dat het bevriest, van kaarsvet dat het stolt. Welk woord je gebruikt, hangt af van de temperatuur. Als een vloeistof vast wordt bij een temperatuur van 0 °C of lager, noem je dat 'bevriezen'. Als hetzelfde gebeurt bij een hogere temperatuur, gebruik je het woord 'stollen'.

## FASE-OVERGANGEN EN HET WEER

De fase-overgangen van water spelen een belangrijke rol bij allerlei weersverschijnselen.

### BEVRIEZEN

Als het vriest, verschijnt er een laag ijs op het water in plassen en vijvers. Het bovenste laagje water bevriest: van vloeibaar wordt het vast. Als het blijft vriezen, groeit het ijslaagje van onderaf steeds verder aan.

### SMELTEN

Als het gaat dooien, smelt de ijslaag op plassen en vijvers snel weg. Boomtakken die pas nog wit waren van de rijp, worden nu weer kaal, terwijl de waterdruppels naar beneden vallen. Vast ijs wordt weer vloeibaar water.

### VERDAMPEN

Als na een regenbui de zon schijnt, zijn de straten al gauw weer droog. Plassen worden steeds kleiner en verdwijnen ten slotte helemaal. Dat komt doordat het regenwater bij warm weer snel verdampt: zichtbaar water wordt onzichtbare waterdamp.

### CONDENSEREN

Als warme lucht 's nachts afkoelt tegen een koud voorwerp, condenseert de waterdamp die erin zit. Op grasssprieten en bladeren verschijnen dan kleine waterdruppels (figuur 2). Onzichtbare waterdamp wordt zichtbaar water.



**figuur 2** Dauw bestaat uit kleine waterdruppels.

### RIJPEN

Als de temperatuur 's nachts daalt tot onder 0 °C, ontstaat er geen dauw, maar rijp. De waterdamp in de lucht gaat over in kleine ijskristallen die boomtakken en grassprieten een prachtig wit uiterlijk geven (figuur 3).



**figuur 3** Rijp op de tak van een boom.

### VERVLUCHTIGEN

Als de lucht erg koud en droog is, wordt een laag sneeuw geleidelijk dunner. Dat komt doordat ijs onder die omstandigheden langzaam verandert in waterdamp. Er zijn ook stoffen die snel vervluchtigen, zoals vast koolstofdioxide ('droog ijs'). Een ander woord voor vervluchtigen is sublimeren.

## DE INVLOED VAN DE TEMPERATUUR

PROEF 2

Het is duidelijk dat de temperatuur een belangrijke rol speelt bij de verschillende fase-overgangen. Met het deeltjesmodel kun je verklaren hoe dat komt. Als voorbeeld staan hierna de fase-overgangen smelten en verdampen.

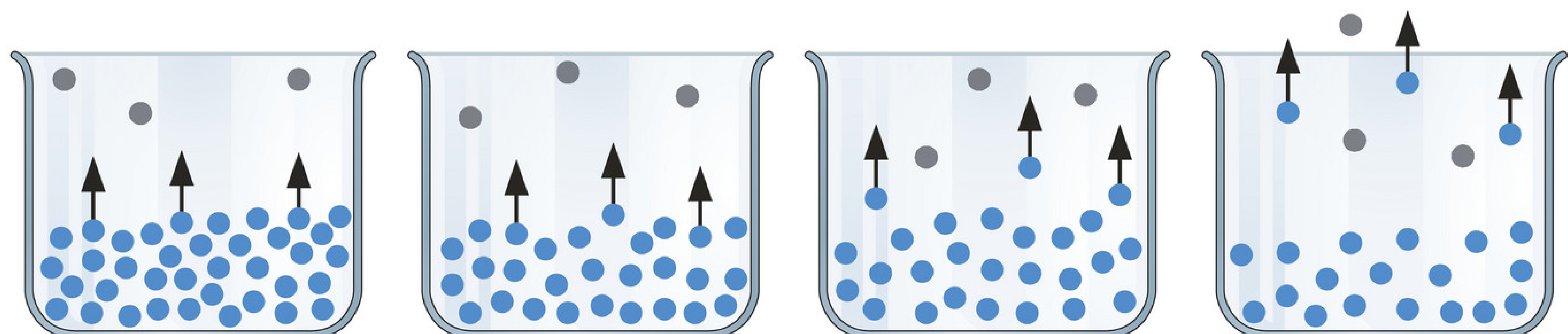
### SMELTEN IN HET DEELTJESMODEL

In een vaste stof zijn de moleculen dicht op elkaar gestapeld in een regelmatig patroon. Tussen moleculen die aan elkaar grenzen, bestaan aantrekkende krachten. Dat zorgt ervoor dat elk molecuul op zijn vaste plaats blijft. Hoe kleiner de afstand tussen twee aangrenzende moleculen, des te groter is de onderlinge aantrekkingskracht.

Als de temperatuur stijgt, gaan de moleculen steeds heviger trillen. De afstand tussen de moleculen wordt dan groter. Je merkt dat doordat de stof uitzet. Door de grotere afstand trekken de moleculen elkaar minder sterk aan. Als de temperatuur een bepaalde waarde bereikt (bij water is dat 0 °C), is de aantrekkingskracht te klein om de moleculen op hun vaste plaats te houden: de stof smelt dan en wordt vloeibaar. De moleculen bewegen nu in alle richtingen langs elkaar heen.

### VERDAMPEN IN HET DEELTJESMODEL

In een vloeistof zijn de moleculen steeds in beweging. Hun onderlinge aantrekkingskracht zorgt ervoor dat ze dicht bij elkaar in de buurt blijven. Alleen aan het vloeistofoppervlak is dat anders. Af en toe heeft een molecuul daar zoveel snelheid dat hij uit de vloeistof kan ontsnappen (figuur 4). Zo'n molecuul gaat dan deel uitmaken van de lucht boven de vloeistof. Zo raakt de vloeistof steeds meer moleculen kwijt: de vloeistof verdampt.



**figuur 4** Verdampen is het ontsnappen van moleculen uit een vloeistof.

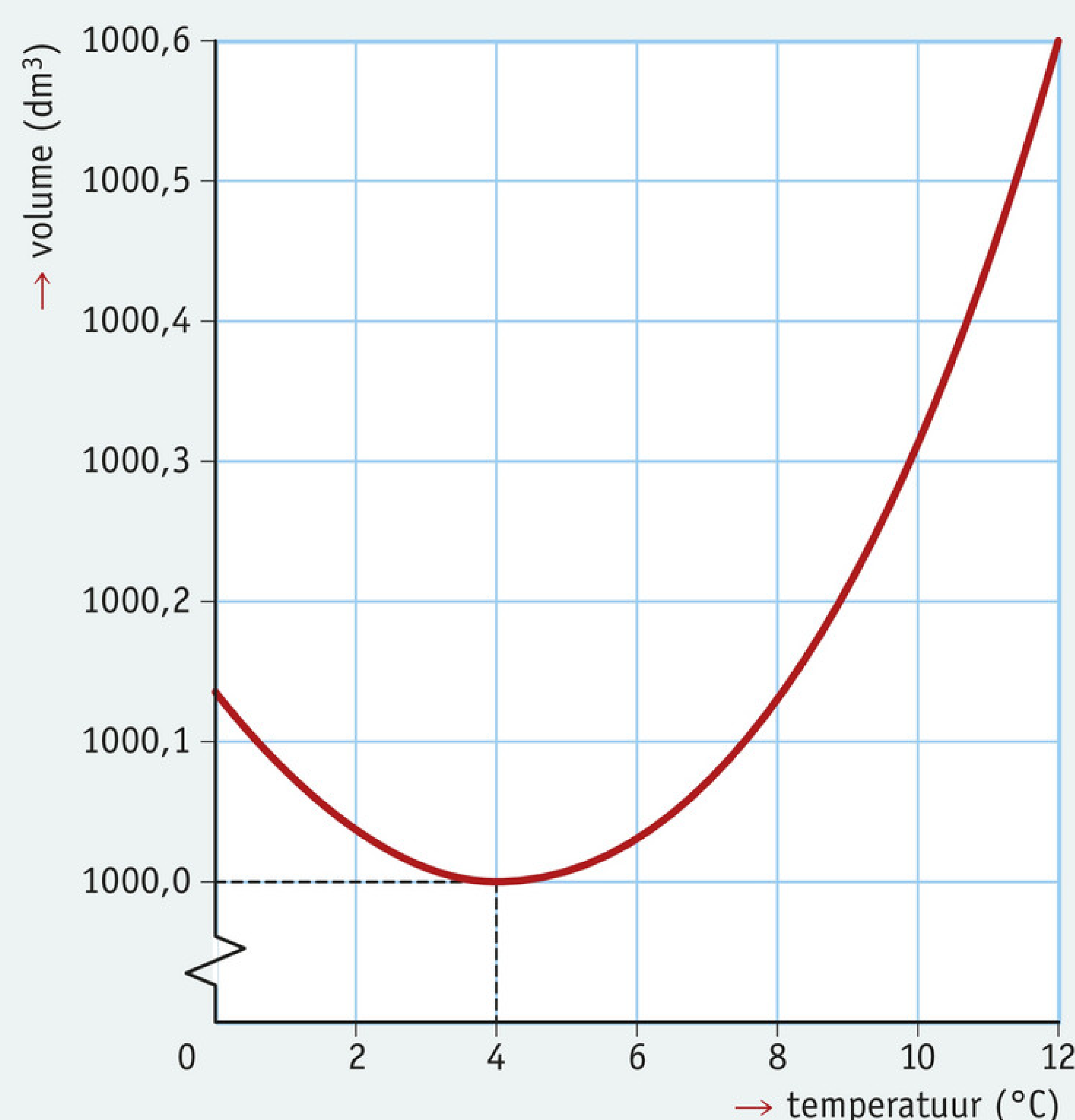
Hoe hoger de temperatuur, des te groter is de gemiddelde snelheid van de moleculen en des te gemakkelijker kunnen ze uit de vloeistof ontsnappen. Vloeistoffen verdampen daardoor sneller als de temperatuur stijgt.

**Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

## EXTRA WATER: EEN UITZONDERING

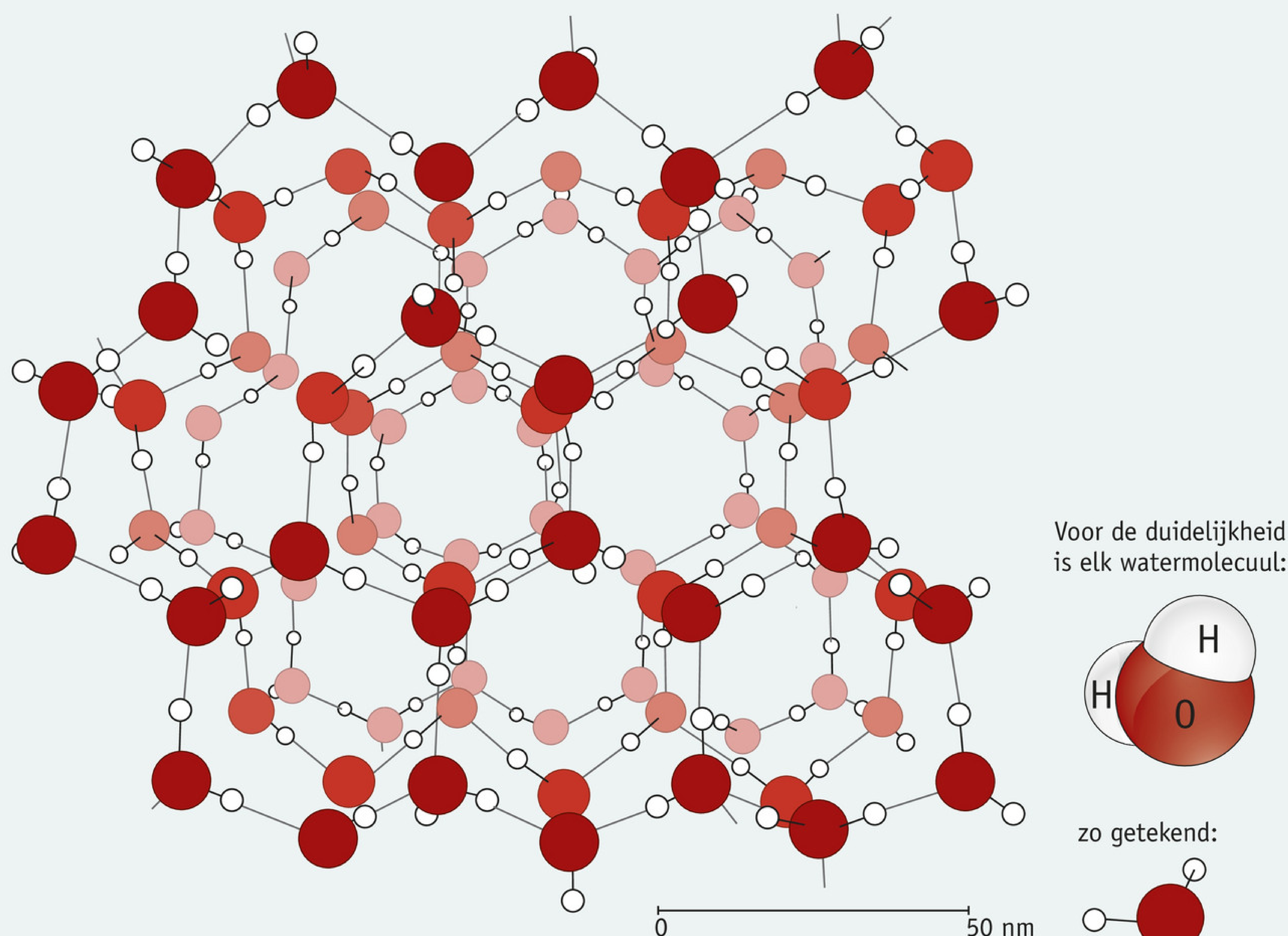
Bijna alle vloeistoffen krimpen als de temperatuur daalt. Doordat de moleculen minder snel bewegen, botsen ze minder hevig en duwen ze elkaar minder ver opzij. Toch is er een belangrijke uitzondering op deze regel: water tussen 4 °C en 0 °C. Als water afkoelt, krimpt het net als andere vloeistoffen tot de temperatuur 4 °C is. Maar als water nog verder afkoelt, van 4 °C tot 0 °C, zet het juist weer uit (figuur 5).

Als het water daarna bevriest, zet het nog verder uit: als 1 $dm^3$ water van 0 °C bevriest, ontstaat er ongeveer 1,1 $dm^3$ ijs. Het volume neemt tijdens het bevriezen dus toe met ongeveer 10%. Daarom moet je er erg voor oppassen dat het water in de waterleiding in de winter niet bevriest. De buizen kunnen gemakkelijk kapotvriezen.




**figuur 5** Het krimpen en uitzetten van water.

Dat water uitzet bij bevriezing, heeft te maken met de bijzondere kristalstructuur van ijs. De moleculen vormen zeshoeken met daarbinnen veel lege ruimte (figuur 6). Daardoor is de gemiddelde afstand tussen de moleculen in ijs groter dan in water. Het vormen van zeshoeken begint al wanneer de temperatuur daalt onder 4 °C, al ontstaat er dan nog geen permanent kristalrooster. Daardoor bereikt water zijn grootste dichtheid bij 4 °C.




**figuur 6** IJs heeft een bijzondere kristalstructuur, met veel lege ruimte tussen de moleculen.

## LEERSTOF

**1** Welke fase-overgang is er de oorzaak van dat:

**a** het gras 's ochtends vroeg nat is van de dauw?
*bevriezen / condenseren / rijpen / smelten / verdampen / vervluchtigen*

**b** een straat na een regenbui snel weer opdroogt?
*bevriezen / condenseren / rijpen / smelten / verdampen / vervluchtigen*

**c** de takken van bomen en struiken zijn bedekt met een witte laag, terwijl het niet gesneeuwd heeft?
*bevriezen / condenseren / rijpen / smelten / verdampen / vervluchtigen*

**d** een sneeuwlaag bij strenge vorst steeds dunner wordt?
*bevriezen / condenseren / rijpen / smelten / verdampen / vervluchtigen*

**e** je bij koud weer een nevelwolkje uit je mond ziet komen?
*bevriezen / condenseren / rijpen / smelten / verdampen / vervluchtigen*

**2** Deze opdracht gaat over de woorden 'stollen' en 'bevriezen'.

**a** Leg uit wat de overeenkomst is in de betekenis van deze woorden.

**b** Leg uit wat het verschil is in de betekenis van deze woorden.

**3** Als je een ijsblokje in je hand houdt, smelt het ijs.
Beschrijf wat er dan met de watermoleculen gebeurt.

## TOEPASSING

**4** Met welke fase-overgang heb je te maken:

**a** als je kleren na een regenbui weer opdrogen in de wind?
*bevriezen / condenseren / rijpen / smelten /* verdampen / *vervluchtigen*

**b** als de ruiten van een auto op een koude dag beslaan?
*bevriezen / condenseren / rijpen / smelten / verdampen / vervluchtigen*

**c** als je ijsblokjes maakt in het vriesvak van de koelkast?
*bevriezen / condenseren / rijpen / smelten / verdampen / vervluchtigen*

**d** als je een zak met ijsklontjes uit de diepvries laat ontdooien?
*bevriezen / condenseren / rijpen / smelten / verdampen / vervluchtigen*

**e** als er zich condens vormt op de spiegel in de badkamer?
*bevriezen / condenseren / rijpen / smelten / verdampen / vervluchtigen*

**f** als het water in een vogeldrinkbakje langzaam verdwijnt?
*bevriezen / condenseren / rijpen / smelten / verdampen / vervluchtigen*

**g** als een glas ijskoud water aan de buitenkant beslaat?
*bevriezen / condenseren / rijpen / smelten / verdampen / vervluchtigen*

**h** als er op diepgevroren producten ijskristallen ontstaan?
*bevriezen / condenseren / rijpen / smelten / verdampen / vervluchtigen*

**i** als je aardappels in een pan voorzichtig droog laat koken?
*bevriezen / condenseren / rijpen / smelten / verdampen / vervluchtigen*

**5** Ook bij vorst kun je nat wasgoed gewoon aan de lijn hangen. Het is dan al gauw stijf bevroren. Toch kun je het wasgoed een dag later bijna droog binnenhalen.
Hoe kan het dat het wasgoed na 24 uur in de vrieskou bijna droog is?

**6** Als Brian thuiskomt en de kamer binnenstapt, beslaan zijn brillenglazen meteen.

**a** Wat kun je zeggen over de temperatuur binnen en buiten?

**b** Waar komen de waterdruppeltjes vandaan die Brians brillenglazen wazig maken?

**c** Om welke fase-overgang gaat het hier?

**7** Het weerbericht waarschuwt voor mist: “In de loop van de nacht kan er overal in het land mist ontstaan. Het verkeer kan hiervan veel hinder ondervinden. In de loop van de ochtend lost de mist weer op.”

**a** Welke fase-overgang is verantwoordelijk voor het ontstaan van mist?
**b** Welke fase-overgang is verantwoordelijk voor het ‘oplossen’ van mist?

**8** In de zomer gebeurt het soms dat meteen na een hevige regenbui de zon weer fel schijnt. In zo’n geval kan er een nevel ontstaan boven een asfaltweg (figuur 7).

**a** Mensen zeggen in zo’n geval dat “de weg dampt”. Maar is het wel damp wat je ziet? Leg uit.
**b** Verklaar waardoor de nevel ontstaat. Tip: de nevel is het gevolg van twee fase-overgangen die vlak na elkaar plaatsvinden.



**figuur 7** Zo’n ‘dampende weg’ zie je bij felle zon na hevige regen.

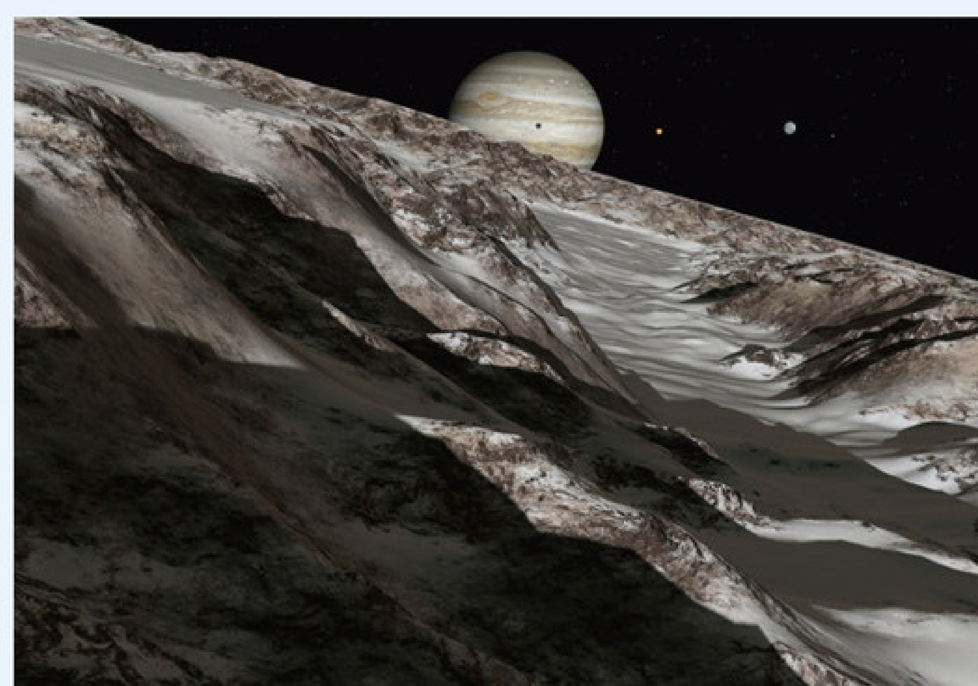
**★ 9** Als je een beetje ether (een vluchtige vloeistof) op een glasplaatje doet, verdampt de ether snel.

**a** Alleen moleculen met een in verhouding hoge snelheid kunnen uit de vloeistof ontsnappen.
Hoe komt het dat moleculen met een lagere snelheid niet uit de vloeistof weg kunnen komen?
**b** Leg uit wat er gebeurt met de gemiddelde snelheid van de moleculen die in de vloeistof achterblijven.
**c** Wat betekent dat voor de temperatuur van de achterblijvende vloeistof?
Deze temperatuur *daalt* / *blijft gelijk* / *stijgt*.

**★ 10** IJs wordt bij zeer lage temperaturen extreem hard (figuur 8).
Geef hiervoor een verklaring met behulp van het deeltjesmodel.

**figuur 8** Een website over Ganymedes; het plaatje is een ‘artist impression’.

De grootste maan van Jupiter (en van het hele zonnestelsel) heet Ganymedes. Het oppervlak bestaat voornamelijk uit ijs. Omdat het op Ganymedes erg koud is (de temperatuur aan het oppervlak loopt uiteen van –183 tot –113 °C), is het ijs extreem hard. Het is veel harder dan het ijs dat je op aarde tegenkomt.



 Test je kennis met de *Test jezelf*.

## EXTRA WATER: EEN UITZONDERING

**11** Bekijk figuur 5.

**a** Welke vloeistof heeft een grotere dichtheid: water van 0 °C of water van 2 °C? Licht je antwoord toe.

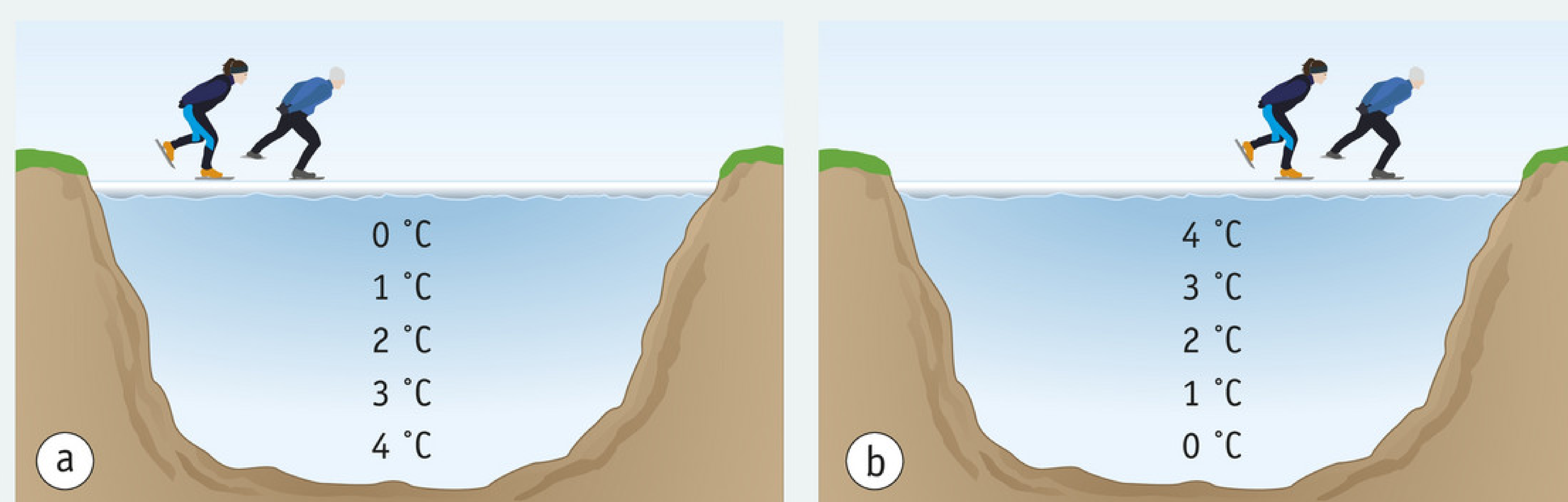
**b** Er is nog een temperatuur waarbij water een even grote dichtheid heeft als bij 0 °C. Bij welke temperatuur is dat het geval?

**12** Als 's winters de waterleiding bevriest, kan hij stukgaan.

**a** Leg uit waardoor dat komt.

**b** Dat de waterleiding stuk is, merk je echter pas als het gaat dooien. Hoe komt dat?

**13** In figuur 9 zie je twee mogelijke temperatuurverdelingen in een plas water in een periode waarin het al een hele tijd heeft gevroren. Er bevindt zich een laagje ijs op het water. Leg uit welke temperatuurverdeling in het water de juiste is.




**figuur 9** Welke temperatuurverdeling is de juiste: a of b?

# 4 Kookpunt en smeltpunt

## LEERDOELEN

3.4.1 Je kunt beschrijven wat er gebeurt als water kookt.
3.4.2 Je kunt beschrijven wat het kookpunt en smeltpunt (vriespunt/stolpunt) van een stof zijn.
3.4.3 Je kunt uitleggen waarom het kookpunt en smeltpunt stofeigenschappen zijn.
3.4.4 Je kunt uitleggen hoe je het vriespunt of smeltpunt van water kunt verlagen.
3.4.5 Je kunt in een temperatuur-tijddiagram smelt-, stol-, en kookgrafieken van een stof interpreteren.
EXTRA 3.4.6 Je kunt het verschil tussen een kookpunt en een kooktraject uitleggen aan de hand van een kookgrafiek in een temperatuur-tijddiagram.

| TAXONOMIE | LEERDOELEN EN OPDRACHTEN | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3.4.1 | 3.4.2 | 3.4.3 | 3.4.4 | 3.4.5 | 3.4.6 | 2.1.2* | 3.1.1* |
| Onthouden | 2 | 1ac, 4a | | 1b, 3 | | | | |
| Begrijpen | | | 5c, 6b, 10b | | 5bc, 8abcde | 11abc, 12bcdef | 6a | |
| Toepassen | 10a | 4bc, 6c | | 7 | 5a | 12a | | |
| Analyseren | | | | | 9ab | 11d | | 10cd |

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

**Van het water dat bij een regenbui naar beneden valt, is algauw niets meer te zien. Een deel wordt afgevoerd via het riool, een deel zakt in de bodem weg en een deel verdampt. Dat verdampen gaat heel onopvallend. Je ziet helemaal niets, behalve dat de hoeveelheid water langzaam afneemt.**

## HET KOOKPUNT

PROEF 3+4

Als je water verwarmt, ontstaan er na een poosje kleine luchtbelletjes. De lucht die in het water is opgelost, komt dan weer tevoorschijn. Een paar minuten later verschijnen er waterdampbellen in het water. De temperatuur is dan bijna 100 °C. Deze bellen ontstaan op de bodem en verdwijnen weer voordat ze het wateroppervlak bereiken. Het geluid dat hierbij ontstaat, wordt het ‘zingen’ van het water genoemd.

Als de temperatuur 100 °C geworden is, bereiken de dampbellen wel het wateroppervlak. Ze barsten daar uit elkaar, zodat de waterdamp mengt met de lucht boven het water. Dat is **koken**: het water verdampt nu niet alleen aan het wateroppervlak, maar overal in de vloeistof (figuur 1).

Als je doorgaat met verwarmen, blijft het water koken tot het helemaal verdampt is. De temperatuur van het water blijft daarbij steeds 100 °C. Deze temperatuur noem je het **kookpunt** van water (je gebruikt het woord ‘punt’, omdat het om een vast punt op de temperatuurschaal gaat).

Bijna elke zuivere stof heeft een eigen, kenmerkend kookpunt. In tabel 1 zie je enkele voorbeelden. Het kookpunt is een belangrijke stofeigenschap.



**figuur 1** Als water kookt, zie je overal in de vloeistof dampbellen ontstaan.

**tabel 1** Smeltpunt en kookpunt van enkele stoffen.

| stof | smeltpunt (°C) | kookpunt (°C) |
|---|---|---|
| alcohol | –114 | 78 |
| aluminium | 660 | 2467 |
| butaan | –138 | –1 |
| glycerol | 20 | 290 |
| goud | 1064 | 2860 |
| ijzer | 1559 | 2800 |
| kwik | –39 | 357 |
| lood | 328 | 1740 |
| propaan | –188 | –42 |
| stikstof | –210 | –196 |
| water | 0 | 100 |
| zuurstof | –219 | –183 |

## SMELTPUNT EN VRIESPUNT

Als je een ijsblokjesvorm met water in het vriesvak zet, duurt het even voordat er ijs ontstaat. De temperatuur van het water in de vorm moet eerst dalen tot 0 °C. Daarna pas gaat het water bevriezen. De temperatuur van het water blijft 0 °C totdat het volledig is bevroren.

Als je de ijsblokjes uit het vriesvak haalt, beginnen ze ook niet meteen te smelten. Eerst moet de temperatuur van het ijs stijgen tot 0 °C. Pas als deze temperatuur is bereikt, zie je het eerste smeltwater ontstaan (figuur 2).



**figuur 2** Een ijsblokje 1 minuut, 5 minuten en 15 minuten nadat het uit het vriesvak is gehaald.

Smeltend ijs heeft dus dezelfde temperatuur als bevriezend water: 0 °C. Je noemt deze temperatuur het **smeltpunt** van ijs en het **vriespunt** van water. Bijna elke zuivere stof heeft een eigen, kenmerkend smeltpunt, ook wel vriespunt of stolpunt genoemd. In tabel 1 zie je enkele voorbeelden.

## HET VRIESPUNT OF SMELTPUNT VERLAGEN

**PROEF 5**

Je kunt het vriespunt van water verlagen door een geschikte stof aan het water toe te voegen. Dat gebeurt bijvoorbeeld met het koelwater in een automotor. Daaraan wordt antivries toegevoegd om te voorkomen dat het ’s winters bevriest. Hoe meer antivries je toevoegt, des te lager wordt het vriespunt van het mengsel.

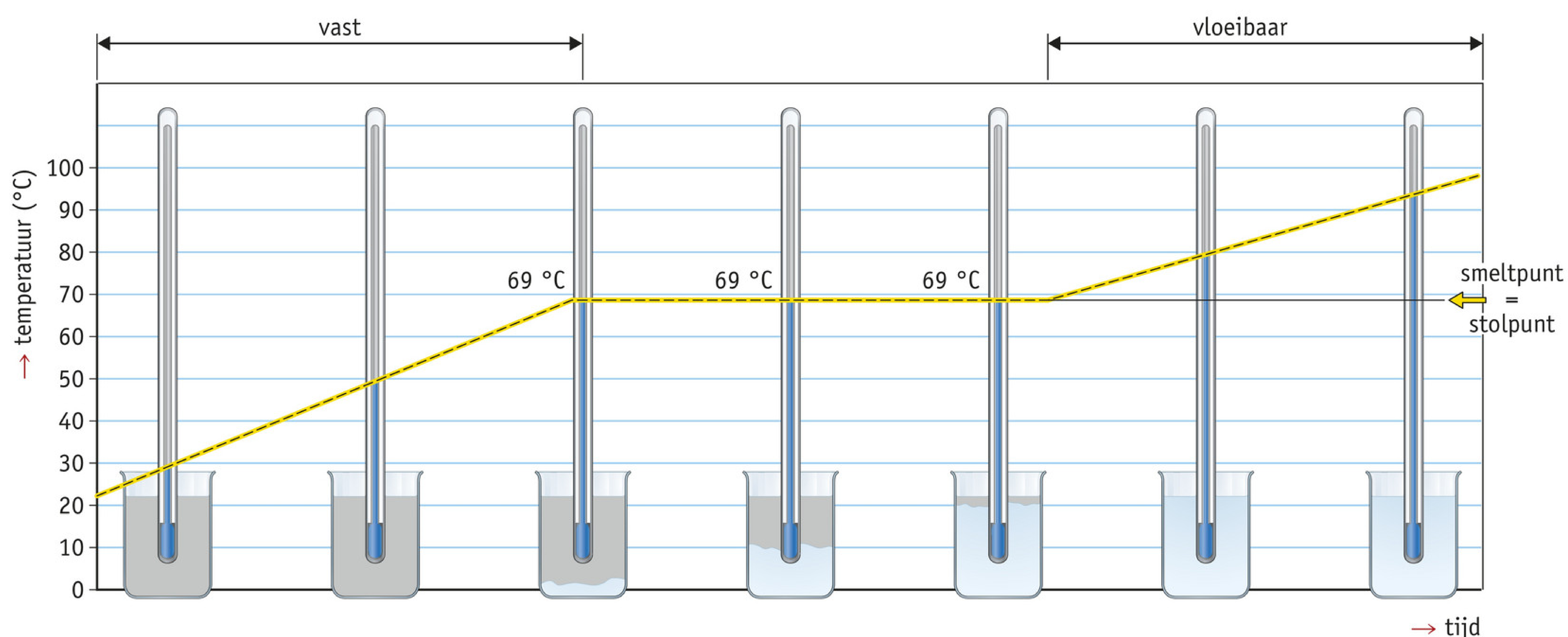
Zout heeft hetzelfde effect op het vriespunt als antivries. Het wordt ’s winters gebruikt om wegen te ontdoen van sneeuw en ijs (figuur 3). Een mengsel van ijs en zout heeft een lager smeltpunt dan zuiver ijs. Door zout te strooien, kun je sneeuw of ijzel laten smelten bij temperaturen onder 0 °C. In de praktijk is strooizout effectief bij temperaturen tot –8 °C.




**figuur 3** Strooizout laat de sneeuw op het wegdek smelten.

## SMELT- EN STOLDIAGRAMMEN

In figuur 4 is getekend hoe je het smeltpunt van een vaste stof bepaalt. Je verwarmt de stof voorzichtig en ondertussen meet je de temperatuur met regelmatige tussenpozen. In figuur 4 is dat gedaan met stearinezuur. Dat is een stof die onder andere gebruikt wordt om kaarsen van te maken (figuur 5).




**figuur 4** Het smeltdiagram van stearinezuur.



**figuur 5** Kaarsen bestaan voor een groot deel uit stearinezuur.

Als je vast stearinezuur verwarmt, stijgt de temperatuur eerst tot 69 °C: het smeltpunt van stearinezuur. Bij die temperatuur gaat het stearinezuur smelten. Als je doorgaat met verwarmen, blijft de temperatuur 69 °C totdat alle stearinezuur is gesmolten. Pas daarna stijgt de temperatuur weer. In figuur 4 is het temperatuurverloop weergegeven in een **smeltdiagram**: een grafiek van de temperatuur tegen de tijd.

Als je vloeibaar stearinezuur laat afkoelen, daalt de temperatuur weer tot 69 °C: het stolpunt van stearinezuur. De temperatuur blijft 69 °C totdat het stearinezuur volledig is gestold. Daarna daalt de temperatuur verder. Je kunt het temperatuurverloop weergeven in een **stoldiagram**, waarin de temperatuur is uitgezet tegen de tijd.



**Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

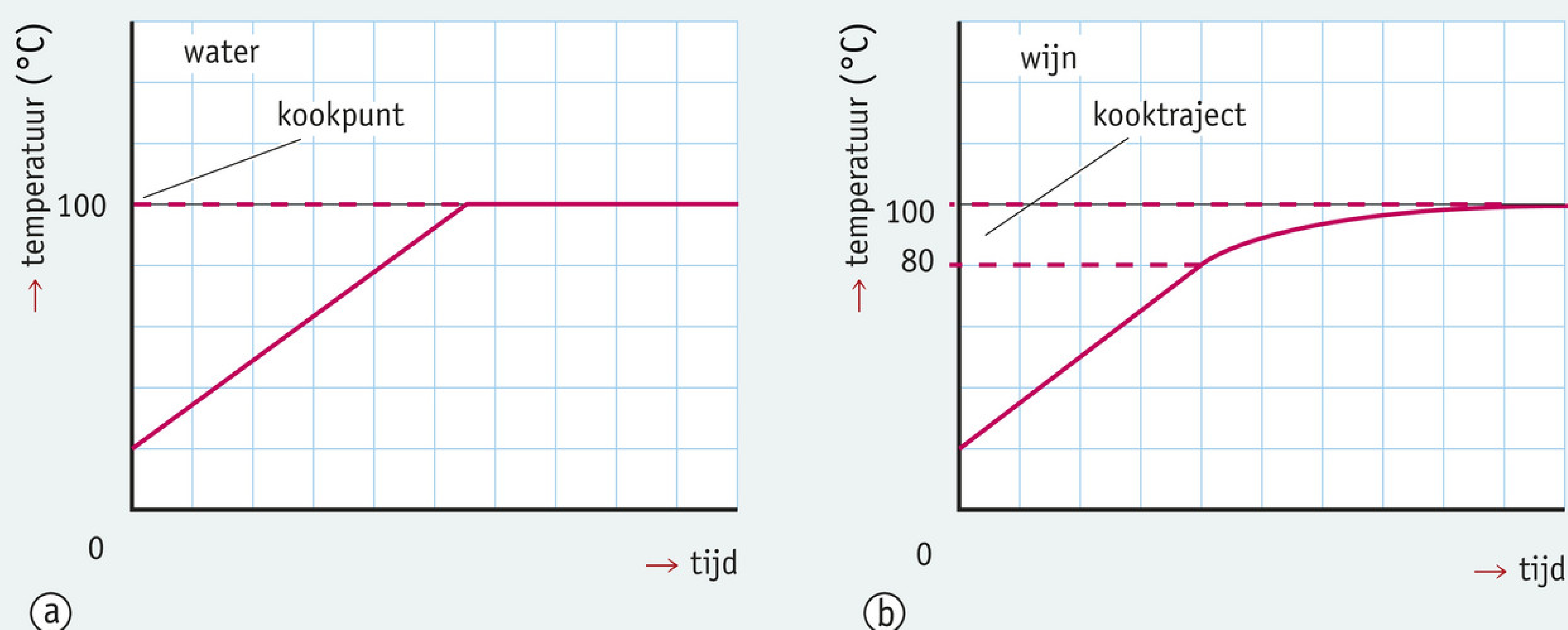
## EXTRA HET KOOKTRAJECT VAN EEN MENGSEL

Wijn is een mengsel van voornamelijk water en alcohol. Het aandeel overige stoffen kun je in de praktijk verwaarlozen. Een fles wijn bevat ongeveer 12 volumeprocent (12 vol%) alcohol. Dat betekent dat 100 mL wijn bestaat uit circa 12 mL alcohol en 88 mL water.

Als je wijn aan de kook brengt, zie je dat het koken begint bij ongeveer 80 °C. Daarna loopt de temperatuur langzaam op tot 100 °C (figuur 6b). Wijn heeft dus geen kookpunt, zoals zuiver water (100 °C) of zuivere alcohol (78 °C). Tijdens het koken blijft de temperatuur van de wijn niet constant.

Wat voor wijn geldt, geldt ook voor andere mengsels van vloeistoffen. Zulke mengsels hebben geen kookpunt, maar een kooktraject. Het kooktraject van wijn loopt van 80 tot 100 °C.

**figuur 6** Water heeft een kookpunt (a), wijn een kooktraject (b).




## LEERSTOF

**1** Bijna elke zuivere stof heeft een eigen, kenmerkend kookpunt, smeltpunt en stolpunt.

**a** Smeltend ijs heeft een temperatuur van ...................... . Deze temperatuur heet het ........................... van water of het ........................... van ijs.

**b** Een mengsel van ijs en zout heeft een *lager* / *hoger* smeltpunt dan zuiver ijs.

**c** Kokend water heeft een temperatuur van ...................... . Deze temperatuur heet het ...................... van water.

**2** Leg uit waarom koken een bijzondere vorm van verdampen is.

**3** Leg uit wat antivries is en wat je ermee doet. Gebruik het woord ‘vriespunt’ in je uitleg.

## TOEPASSING

**4** Saira is rijst aan het koken. Als het water begint te koken, zet ze de warmtebron lager. Het water kookt dan zachtjes verder.

**a** Hoe hoog is de temperatuur van het kokende water?

**b** Duurt het langer voor de rijst gaar is, als je de warmtebron lager zet?

**c** Waarom is het verstandig de warmtebron laag te zetten?

**5** Bij deze opdracht heb je grafiekpapier nodig.
Peter verwarmt een vloeistof. Hij neemt om de halve minuut de temperatuur van de vloeistof op. Zijn waarnemingen staan in tabel 2.

**a** Teken de grafiek van Peters waarnemingen, met de tijd langs de horizontale as en de temperatuur langs de verticale as.
Zie de vaardigheid *Werken met tabellen en grafieken*.

**b** Hoe hoog is het kookpunt van de vloeistof?

**c** Om welke vloeistof zou het kunnen gaan?

**tabel 2** De meetresultaten van Peter.

| tijd (min) | temperatuur (°C) |
|---|---|
| 0 | 20 |
| 0,5 | 33 |
| 1,0 | 46 |
| 1,5 | 58 |
| 2,0 | 68 |
| 2,5 | 75 |
| 3,0 | 77 |
| 3,5 | 78 |
| 4,0 | 78 |
| 4,5 | 78 |

**6** Gallium is een metaal met een zilverwitte kleur. Het smeltpunt van gallium is 29 °C en het kookpunt is 2205 °C.

**a** Hoe ziet het metaal gallium eruit bij kamertemperatuur?

**b** Vergelijk het smeltpunt en kookpunt van gallium met het smeltpunt en kookpunt van andere stoffen in tabel 1.
Wat is er bijzonder aan het smeltpunt en kookpunt van gallium?

**c** In feestwinkels kun je theelepeltjes van gallium kopen.
Wat gebeurt er als je je warme thee met zo'n lepeltje doorroert? Tip: kijk ook eens op YouTube.

**7** In de winter wordt er soms zout gestrooid op een bevroren wegdek. Het ijslaagje smelt dan. Is de temperatuur van het smeltwater dan hoger dan, lager dan of gelijk aan 0 °C? Licht je antwoord toe.

**8** Arlette heeft een hoeveelheid gesmolten stearine. Ze laat de stearine langzaam afkoelen, terwijl ze om de minuut de temperatuur opneemt. Na de proef maakt ze een grafiek van haar waarnemingen (figuur 7).

**a** Hoe noem je het soort grafiek dat Arlette gemaakt heeft?
een *smeltgrafiek* / *stolgrafiek*

**b** In welke fase is de stearine bij A?
in de *vaste fase* / *vloeibare fase*

**c** In welke fase is de stearine bij C?
in de *vaste fase* / *vloeibare fase*

**d** Tussen welke tijdstippen is er zowel vloeibare als vaste stearine aanwezig?

**e** Hoe hoog is het stolpunt van de stearine?




**figuur 7** De grafiek van Arlette.

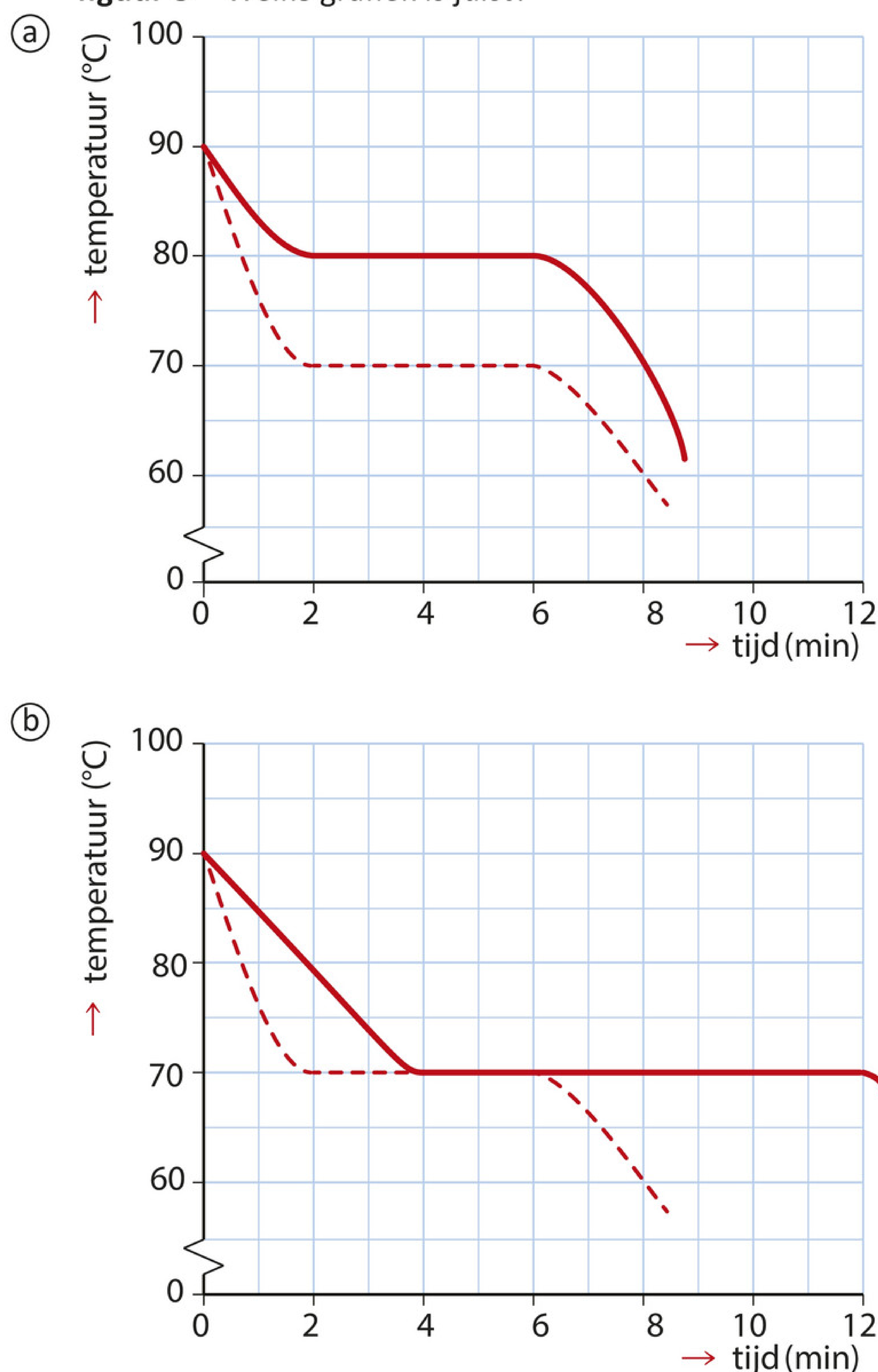
**★ 9** Yemi doet dezelfde proef als Arlette, maar gebruikt een twee keer zo grote hoeveelheid stearine. Zij maakt ook een grafiek van haar waarnemingen.

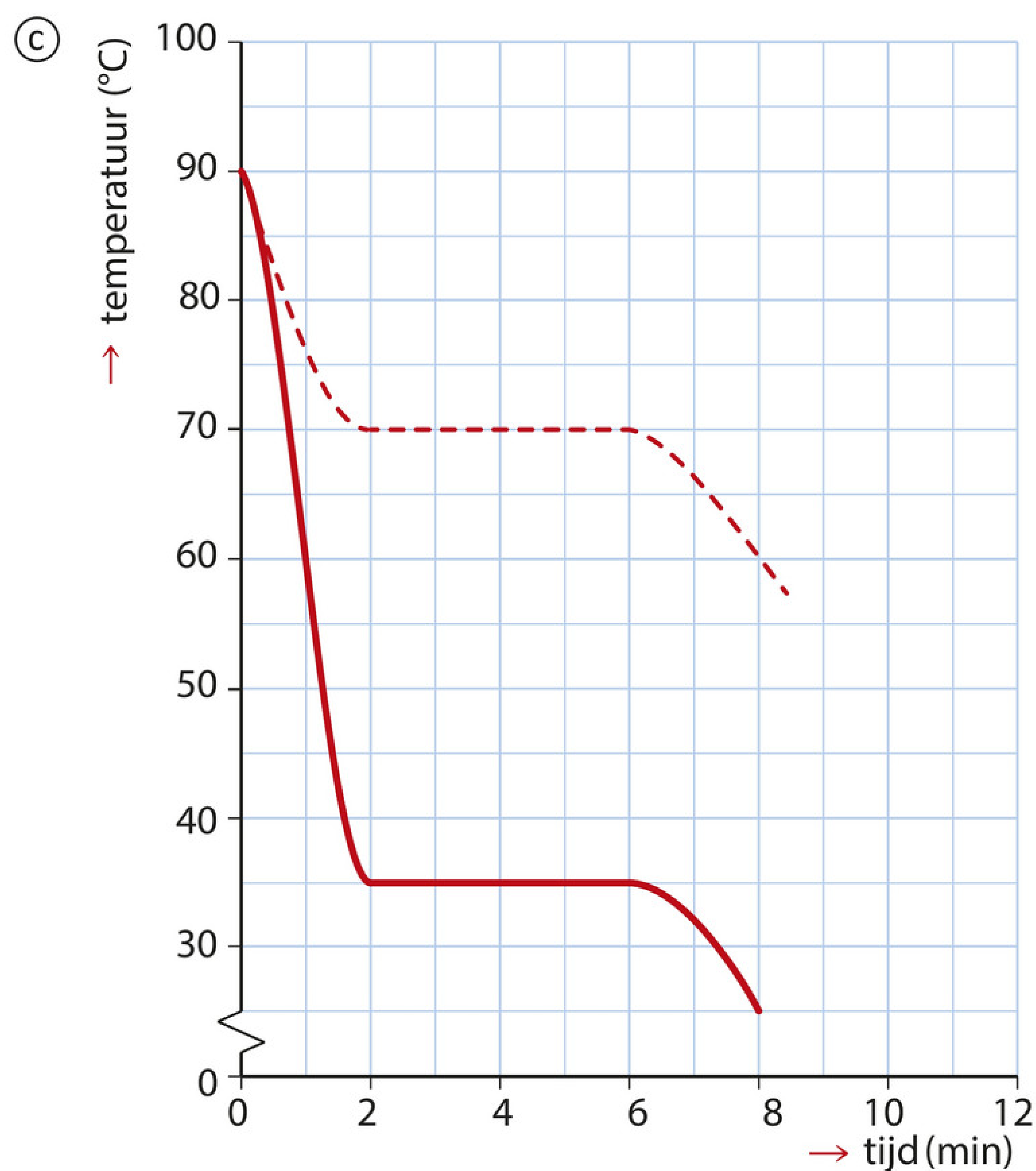
**a** Welke van de drie grafieken in figuur 8 zou die van Yemi kunnen zijn? Ga ervan uit dat zowel Yemi als Arlette geen fouten heeft gemaakt bij het uitvoeren van de proef.

- ○ A grafiek a
- ○ B grafiek b
- ○ C grafiek c

**b** Licht je keuze toe.

**figuur 8** Welke grafiek is juist?




**★ 10** Bij een demonstratie wordt vloeibaar stikstof uit een dewarvat (een soort thermosfles) in een bekerglas geschonken (figuur 9).

**a** Hoe komt het dat de stikstof meteen 'uit zichzelf' begint te koken?

**b** Welke temperatuur heeft de kokende stikstof in het bekerglas?

**c** Waaruit bestaat de witte nevel die rond het bekerglas ontstaat?

**d** Op het bekerglas ontstaat ijsaanslag. Verklaar hoe dat komt.



**figuur 9** Een demonstratie met vloeibare stikstof.

 Test je kennis met de *Test jezelf*.

## EXTRA HET KOOKTRAJECT VAN EEN MENGSEL

**11** Op een fles wasbenzine staat: 100/140. Deze getallen geven het kooktraject van de wasbenzine in graden Celsius aan (figuur 10).

**a** Op het etiket staat 'kookpunt'. Waarom is dat eigenlijk onjuist?

**b** Als je wasbenzine verwarmt, begint de benzine na enkele minuten te koken.
Wat zal een thermometer aangeven die je op dat moment in de benzine houdt?

**c** Wat zal de thermometer aangeven als bijna alle benzine is verdampt?

**d** Het bepalen van het kooktraject van wasbenzine is niet moeilijk. Toch wordt deze proef nooit op school uitgevoerd. Bedenk twee redenen waarom deze proef niet op school gedaan mag worden.




**figuur 10** Een etiket op een fles wasbenzine.

**12** Bij deze opdracht heb je grafiekpapier nodig.
Orhan smelt een hoeveelheid bijenwas in een reageerbuis. Ondertussen meet hij de temperatuur. In tabel 3 zie je zijn meetresultaten.

**a** Teken het smeltdiagram van deze proef.

**b** Na hoeveel minuten begint de bijenwas te smelten? na ..................... minuten

**c** Hoe hoog is dan de temperatuur? ..................... °C

**d** Na hoeveel minuten is alle bijenwas gesmolten? na ..................... minuten

**e** Hoe hoog is dan de temperatuur? ..................... °C

**f** Is bijenwas een zuivere stof of een mengsel? Waaraan zie je dat?

**tabel 3** De meetresultaten van Orhan.

| tijd (min) | temperatuur (°C) |
|---|---|
| 0 | 20 |
| 1 | 31 |
| 2 | 40 |
| 3 | 43 |
| 4 | 46 |
| 5 | 49 |
| 6 | 51 |
| 7 | 54 |
| 8 | 57 |
| 9 | 60 |
| 10 | 71 |
| 11 | 83 |

# Practica

## PROEF 1 EEN VLOEISTOFTHERMOMETER IJKEN

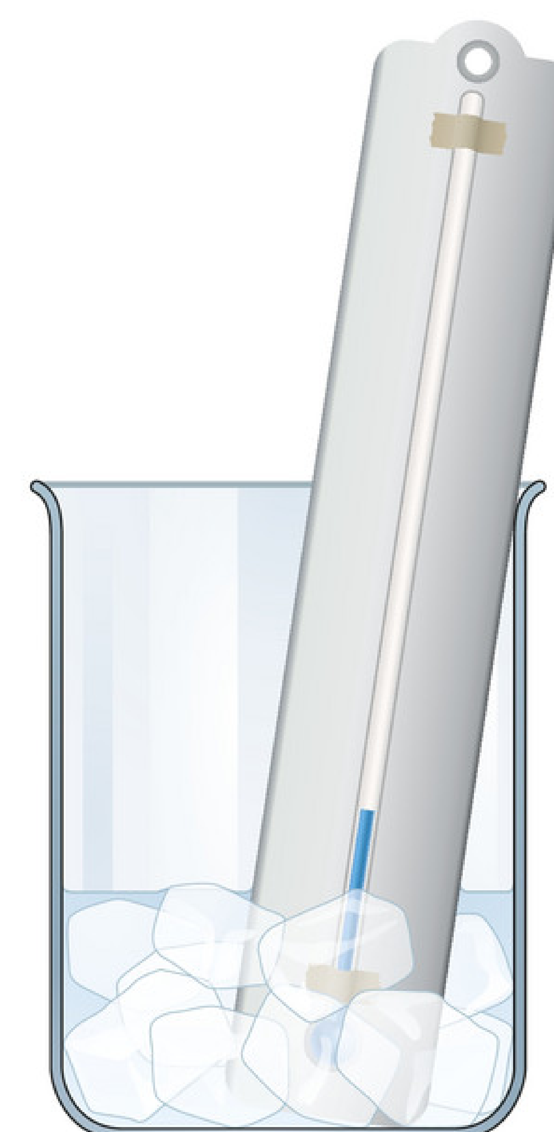
30 minuten

### Inleiding
Een vloeistofthermometer heeft een reservoir en een stijgbuis, met daarlangs een schaalverdeling in graden Celsius, waarop je de temperatuur afleest.

### Doel
Bij deze proef ga je een thermometer van zo'n schaalverdeling voorzien.

### Nodig
- ☐ crêpe-tape
- ☐ bekerglas
- ☐ stukjes ijs
- ☐ thermometer zonder schaalverdeling
- ☐ gewone thermometer
- ☐ brander
- ☐ driepoot
- ☐ gaasje
- ☐ lucifers/aansteker

### Uitvoeren en uitwerken
*Het nulpunt bepalen*
- Plak een smal strookje crêpe-tape vlak naast de stijgbuis.
- Doe de stukjes ijs in het bekerglas. Zet de thermometer erin. Het reservoir moet aan alle kanten omringd zijn met ijsblokjes (figuur 1).
- Wacht twee minuten. Zet dan op het crêpe-tape een potloodstreepje op de plaats waar de alcohol staat.
- Haal de thermometer uit het ijs en schrijf het cijfer 0 bij het streepje.


**figuur 1** De thermometer in ijswater.

*Het honderdpunt bepalen*
- Vul het bekerglas voor een derde met water. Breng het water met behulp van de brander aan de kook.
- Zet de thermometer in het bekerglas. Laat de thermometer een minuut in het kokende water staan. Zet dan een potloodstreepje op het crêpe-tape op de plaats waar de vloeistof staat.
- Doe de brander uit. Haal de thermometer uit het water. Schrijf bij het streepje dat je net hebt gezet het cijfer 100.

*IJken en meten*
- Verdeel de ruimte tussen 0 en 100 met behulp van streepjes in tien gelijke delen. Zet bij die streepjes de getallen 10 tot en met 90.
- Meet de temperatuur in het lokaal met de thermometer waarvoor je een schaalverdeling hebt gemaakt. Probeer de temperatuur tot op één graad nauwkeurig te bepalen. Meet daarna de temperatuur in het lokaal nog eens, maar nu met een gewone thermometer.

**1** Welke temperatuur geeft elke thermometer aan?

..........................................................................................................................

- Meet op dezelfde manier met beide thermometers de temperatuur van kraanwater, meteen nadat het uit de kraan komt.

2 Welke temperatuur geeft elke thermometer aan?

.............................................................................................................................

- Meet ook met beide thermometers de temperatuur van je lichaam. Houd het reservoir elke keer 30 seconden onder je oksel, voor je de temperatuur afleest.

3 Welke temperatuur geeft elke thermometer aan?

.............................................................................................................................

4 Kun je met de thermometer waarvoor je een schaalverdeling gemaakt hebt, redelijk nauwkeurig de temperatuur meten?

.............................................................................................................................

.............................................................................................................................

## PROEF 2 VERDAMPING EN DE GEVOELSTEMPERATUUR

15 minuten

### Inleiding
Als je ’s zomers uit het zwembad stapt, merk je dat de wind invloed heeft op de temperatuur die jij voelt. Als het windstil is, voelt het warmer aan dan als het flink waait. Dat komt doordat het water op je huid door de wind sneller verdampt.

### Doel
Je onderzoekt bij deze proef welke invloed verdamping heeft op de gevoelstemperatuur (= de temperatuur zoals jij die ervaart).

### Nodig
- ☐ druppelflesje met water
- ☐ druppelflesje met ethanol
- ☐ druppelflesje met nagellakoplosser

### Uitvoeren en uitwerken
- Doe een druppel water op de bovenkant van je onderarm.
- Blaas tot de druppel is verdampt.
- Doe een even grote druppel ethanol op je arm.
- Blaas tot de druppel is verdampt.
- Doe een even grote druppel nagellakoplosser op je arm.
- Blaas tot de druppel is verdampt.

1 Wat voelde je tijdens het verdampen?

.....................................................................................................

.....................................................................................................

2 Welke vloeistof verdampt het snelst?

.....................................................................................................

3 Welke vloeistof voelde het koudst aan?

.....................................................................................................

4 Welk verband is er tussen het verdampen van vloeistoffen en de gevoelstemperatuur?

.....................................................................................................

.....................................................................................................

.....................................................................................................

## PROEF 3 WATER KOKEN

30 minuten

### Inleiding

Als je een stof verwarmt, stijgt de temperatuur van die stof. Dat zie je bijvoorbeeld als je water aan de kook brengt voor een kop thee.

### Doel

Bij deze proef ga je zelf onderzoeken hoe de temperatuur verandert.
De onderzoeksvraag luidt:
*Hoe verandert de temperatuur van water als je het water aan de kook brengt?*

### Nodig

- ☐ bekerglas
- ☐ thermometer
- ☐ horloge
- ☐ brander
- ☐ driepoot
- ☐ gaasje
- ☐ lucifers/aansteker
- ☐ grafiekpapier

### Uitvoeren en uitwerken

*Werkverdeling*

Deze proef doe je in tweetallen:

- Leerling 1 leest de temperatuur af op de thermometer.
- Leerling 2 houdt de tijd bij en noteert de meetresultaten.

*Voorbereiden*

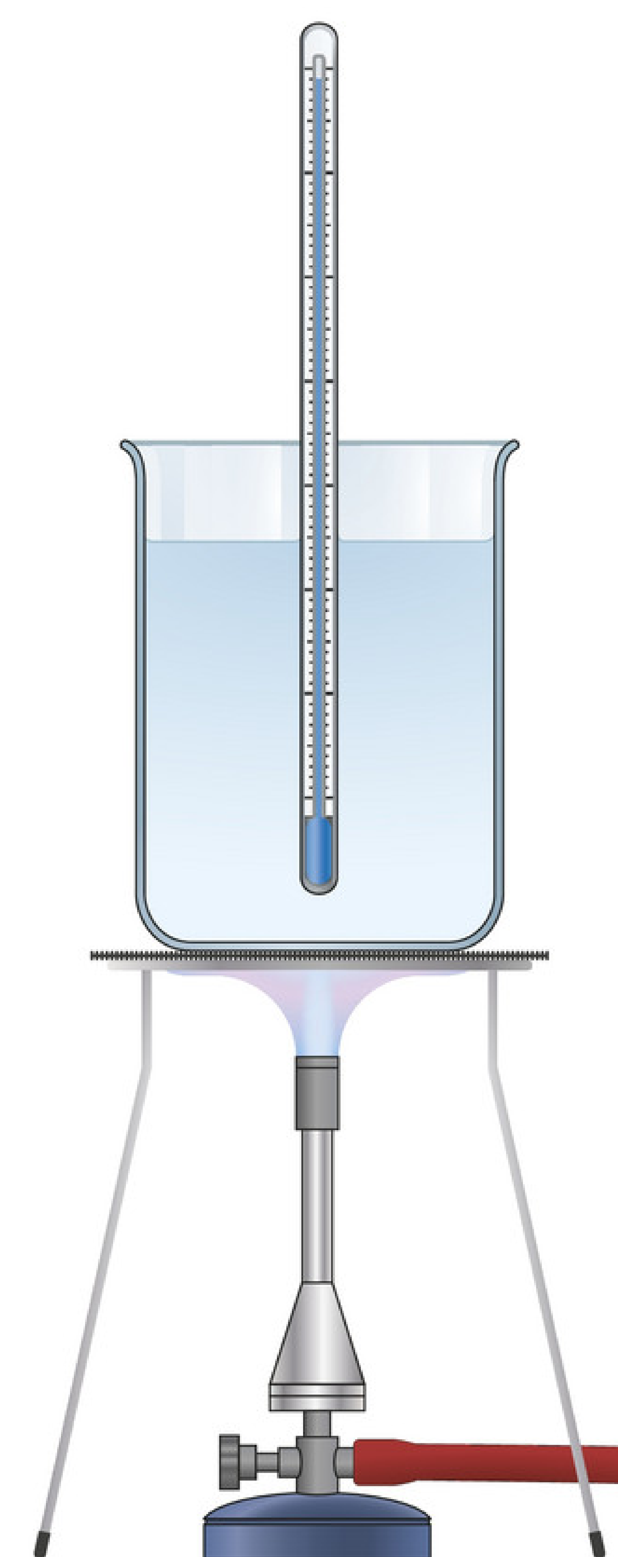
- Doe precies 100 mL water in het bekerglas. Maak daarna de opstelling die in figuur 2 is getekend.

**1** Noteer de temperaturen die je afleest in tabel 1.

**tabel 1** De meetresultaten van proef 3.

| tijd (min) | temperatuur (ºC) | tijd (min) | temperatuur (ºC) |
|---|---|---|---|
| 0,0 | | 4,0 | |
| 0,5 | | 4,5 | |
| 1,0 | | 5,0 | |
| 1,5 | | 5,5 | |
| 2,0 | | 6,0 | |
| 2,5 | | 6,5 | |
| 3,0 | | 7,0 | |
| 3,5 | | 7,5 | |

- Meet de begintemperatuur van het water.
- Steek de brander aan zoals je dat hebt geleerd. Draai de gasregelknop half open.
- Draai de luchtregelknop zover open dat je een vlam krijgt die rustig brandt (zonder veel lawaai te maken).
- Schuif de brander onder het bekerglas op de driepoot (figuur 2).
- Lees om de dertig seconden de thermometer af. Houd het reservoir van de thermometer tijdens het meten ongeveer 1 cm boven de bodem van het bekerglas.
- Op een gegeven moment gaat het water koken. Doe daarna nog vier metingen.
- Doe de brander uit na de laatste meting.



**figuur 2** De opstelling van proef 3.

**2** Waaraan kon je zien dat het water kookte?

............................................................................................

- Bekijk hoeveel water er nog in het bekerglas zit.

**3** Is er water uit het bekerglas verdwenen? Zo ja, waar is dat water gebleven?

............................................................................................

............................................................................................

*Uitwerken*

**4** Teken de grafiek van deze proef. Teken eerst je meetresultaten in als een serie punten. Trek daarna een vloeiende lijn die zo goed mogelijk bij de meetpunten aansluit. Je mag dus niet met een liniaal de punten één voor één met elkaar verbinden.


Zie de vaardigheid *Werken met tabellen en grafieken*.

# PROEF 4 HET KOOKPUNT VAN ALCOHOL BEPALEN

20 minuten

## Inleiding

Elke zuivere stof heeft een kookpunt. Dat is de temperatuur waarbij die stof kookt. Het kookpunt is een stofeigenschap die voor elke stof verschillend is. Je kunt aan het kookpunt een stof dus herkennen.

## Doel

Bij deze proef ga je het kookpunt van zuivere ethanol (= gewone alcohol) bepalen. Omdat ethanol erg brandbaar is, doe je de proef op een speciale manier.

## Nodig

- ☐ bekerglas
- ☐ reageerbuis met ethanol
- ☐ thermometer
- ☐ horloge
- ☐ gasbrander
- ☐ driepoot
- ☐ gaasje
- ☐ lucifers/aansteker

## Uitvoeren en uitwerken

*Voorbereiden*

- Doe 200 mL water in het bekerglas.
- Verwarm het water met de brander. Gebruik een blauwe vlam die rustig brandt (zonder veel lawaai te maken).
- Wacht tot het water kookt. Doe dan de brander uit.
- Wacht tot je docent ook de hoofdkraan heeft dichtgedraaid.

*Meten*

- Zet de thermometer in de ethanol in de reageerbuis.
- Zet de reageerbuis met ethanol in het hete water.
- Lees de temperatuur af tot deze niet meer verandert.

**1** Hoe verandert de temperatuur van de ethanol tijdens de proef?

.............................................................................................................

.............................................................................................................

.............................................................................................................

**2** Wat zie je aan de ethanol als de temperatuur niet meer stijgt?

.............................................................................................................

.............................................................................................................

.............................................................................................................

**3** Hoe hoog is het kookpunt van ethanol volgens deze proef?

.............................................................................................................

- Ruik vlak bij de opstelling en let op de geur die je daar waarneemt.

4 Probeer om die geur te omschrijven.

..........................................................................................................................

..........................................................................................................................

..........................................................................................................................

5 Wat is er dus met de ethanol gebeurd?

..........................................................................................................................

..........................................................................................................................

..........................................................................................................................

## PROEF 5 EEN KOUDMAKEND MENGSEL MAKEN

15 minuten

### Inleiding

Als het ’s zomers warm is, willen veel mensen graag een lekker koud ijsje eten. Als je ijs wilt maken, moet je ervoor zorgen dat de ingrediënten koud genoeg worden om te kunnen bevriezen. Daar bestaan speciale ijsmachines voor, maar je kunt ook gebruikmaken van een koudmakend mengsel.

### Doel

Bij deze proef zie je hoe je met een mengsel van zout en ijs de temperatuur kunt laten dalen tot ver onder 0 °C.

### Nodig

- ☐ bekerglas met 150 mL fijngestampt ijs
- ☐ thermometer
- ☐ keukenzout
- ☐ schepje
- ☐ reageerbuis
- ☐ limonadesiroop
- ☐ roerstaafje

### Uitvoeren en uitwerken

- Meet de temperatuur van het smeltende ijs en noteer deze.
- Doe drie flinke scheppen zout bij het ijs en roer het mengsel kort.

1 Wat zie je gebeuren als je het zout toevoegt en roert?

..........................................................................................................................

..........................................................................................................................

..........................................................................................................................

- Zet de thermometer meteen weer in het mengsel van ijs en zout.

**2** Noteer iedere 15 seconden de temperatuur. Ga hiermee door tot de temperatuur niet meer verandert.

.....................................................................................................................

.....................................................................................................................

.....................................................................................................................

.....................................................................................................................

.....................................................................................................................

- Doe een beetje limonadesiroop (ongeveer zo hoog als de dikte van een wijsvinger) in de reageerbuis en zet deze in het smeltende ijs.

**3** Wat gebeurt er met de limonadesiroop? Hoe komt dat?

.....................................................................................................................

.....................................................................................................................

.....................................................................................................................

## PROEF 6 EEN ONDERZOEK UITVOEREN: AFKOELEN DOOR VERDAMPEN

30 minuten

### Inleiding

Stel je voor: een producent van laboratoriumapparatuur wil een koelapparaat ontwerpen waarmee extreem lage temperaturen bereikt kunnen worden. Aan de ontwerper is gevraagd om gebruik te maken van het afkoelende effect dat snel verdampende vloeistoffen hebben. De vraag is nu met welke vloeistof de laagste temperatuur bereikt kan worden. Daarvoor wordt de afdeling research ingeschakeld. Jij bent bij deze opdracht de wetenschapper die het onderzoek moet uitvoeren.

### Doel

Bij deze proef ga je onderzoeken hoe ver je de temperatuur kunt laten dalen met drie verdampende vloeistoffen: water, ethanol en nagellakoplosser. Je moet de drie vloeistoffen zo eerlijk mogelijk met elkaar vergelijken.

### Nodig

Bij deze proef bedenk je zelf welke practicumspullen je nodig hebt.

### Uitvoeren en uitwerken

- Bedenk hoe je de onderzoeksvraag betrouwbaar kunt beantwoorden. Wat ga je meten, welke practicumspullen heb je nodig, hoe kun je elke vloeistof onder precies dezelfde omstandigheden testen?

1 Maak een werkplan voor dit onderzoek.

- De werkplannen worden de volgende les besproken met de klas. Verbeter je eigen werkplan daarna nog indien nodig.
- Voer daarna het onderzoek uit.

2 Noteer alle meetresultaten, berekeningen en uitkomsten.

- Je docent vertelt je of je een verslag van deze proef moet maken.

## PROEF 7 EEN ONTWERP MAKEN: DE REGENMETER




### Inleiding
Stel je voor: jouw school gaat een weerproject doen, waarbij de leerlingen zelf gegevens verzamelen over het weer. Een van die weergegevens is de hoeveelheid neerslag die er de afgelopen 24 uur is gevallen. Het is de bedoeling dat de leerlingen hiervoor zelf een betrouwbare regenmeter maken. Jij krijgt de opdracht om een ontwerp van zo'n meter te maken.

### Doel
Bij deze proef ga je een regenmeter ontwerpen, bouwen en ijken. Je prototype moet aan de volgende ontwerpeisen voldoen:

**Ontwerpeisen**
- De regenmeter is gemaakt van materialen die weinig of niets kosten. Op internet kun je hier ideeën voor vinden.
- Op de schaalverdeling kan het aantal millimeter regen afgelezen worden dat sinds de laatste meting gevallen is. (Dat is hoe hoog het water zou staan als de regen niet zou wegstromen, verdampen of in de bodem wegzakken.)
- De regenmeter 'vergroot' de stijging van het water minstens vijf keer: als er 1 mm regen valt, stijgt het water in de regenmeter minstens 5 mm.
- De regenmeter kan na een meting weer gemakkelijk 'op nul' gezet worden.
- De regenmeter staat stabiel en zit stevig in elkaar. Je kunt er zonder problemen twee weken lang metingen mee doen, ook bij slecht weer.
- De schaalverdeling van de meter is geijkt: je hebt gecontroleerd of de streepjes en de getallen juist zijn aangebracht.

### Nodig
Bij deze opdracht bedenk je zelf welke spullen je nodig hebt. Overleg indien nodig met je docent.

### Uitvoeren en uitwerken
- Bedenk hoe je de opdracht kunt uitvoeren. Uit welke onderdelen bestaat jouw meter, welke spullen heb je nodig, hoe kun je testen of de schaalverdeling klopt?

**1** Maak een werkplan voor deze opdracht.

- De werkplannen worden de volgende les besproken met de klas. Verbeter je eigen werkplan daarna nog indien nodig.
- Bouw de regenmeter en ijk hem zorgvuldig.

**2** Maak een testverslag met daarin:

**a** een duidelijke bouwtekening van de regenmeter.
**b** de tests die je hebt uitgevoerd en de resultaten daarvan.
**c** eventuele veranderingen die je in het ontwerp hebt aangebracht.

# De explosieve kracht van stoom



**Eerst hoor je het geborrel van water en het gesis van ontsnappende stoom. Dan begint de grond onder je voeten te trillen. Plotseling schiet een 50 meter hoge kolom van stoom en kokend water de grond uit. Terwijl de nevelwolken wegdrijven op de wind, blijft de eruptie eindeloos doorgaan, negen, tien minuten lang. Dan stopt de geiser weer, bijna even plotseling als hij begonnen is. Als je geluk hebt, is er over een uur of acht weer een voorstelling.**

## Stoom uit een geiser

De eruptie van een flinke geiser is een indrukwekkend schouwspel. De kracht waarmee het water omhoogspuit, is enorm. Die kracht is afkomstig van oververhitte stoom die zich diep (op enkele kilometers) in de vulkanische bodem heeft gevormd. Bij een geiser zit de ondergrond zo in elkaar dat de stoom niet gemakkelijk uit de bodem kan ontsnappen. De druk loopt steeds verder op, totdat die niet meer te bedwingen is. De stoom ontsnapt dan met explosieve kracht en blaast tonnen heet water de lucht in.

## Een tweeduizend jaar oude stoomturbine

Dat stoom krachten kan uitoefenen, was tweeduizend jaar geleden ook al bekend. Toen bouwde Heron van Alexandrië, een Griekse wetenschapper en uitvinder, 's werelds eerste stoomturbine. Een primitieve machine – voor ons gevoel is het meer een speeltje dan een serieus apparaat – maar het idee erachter was goed. Een moderne stoomturbine werkt volgens dezelfde principes.

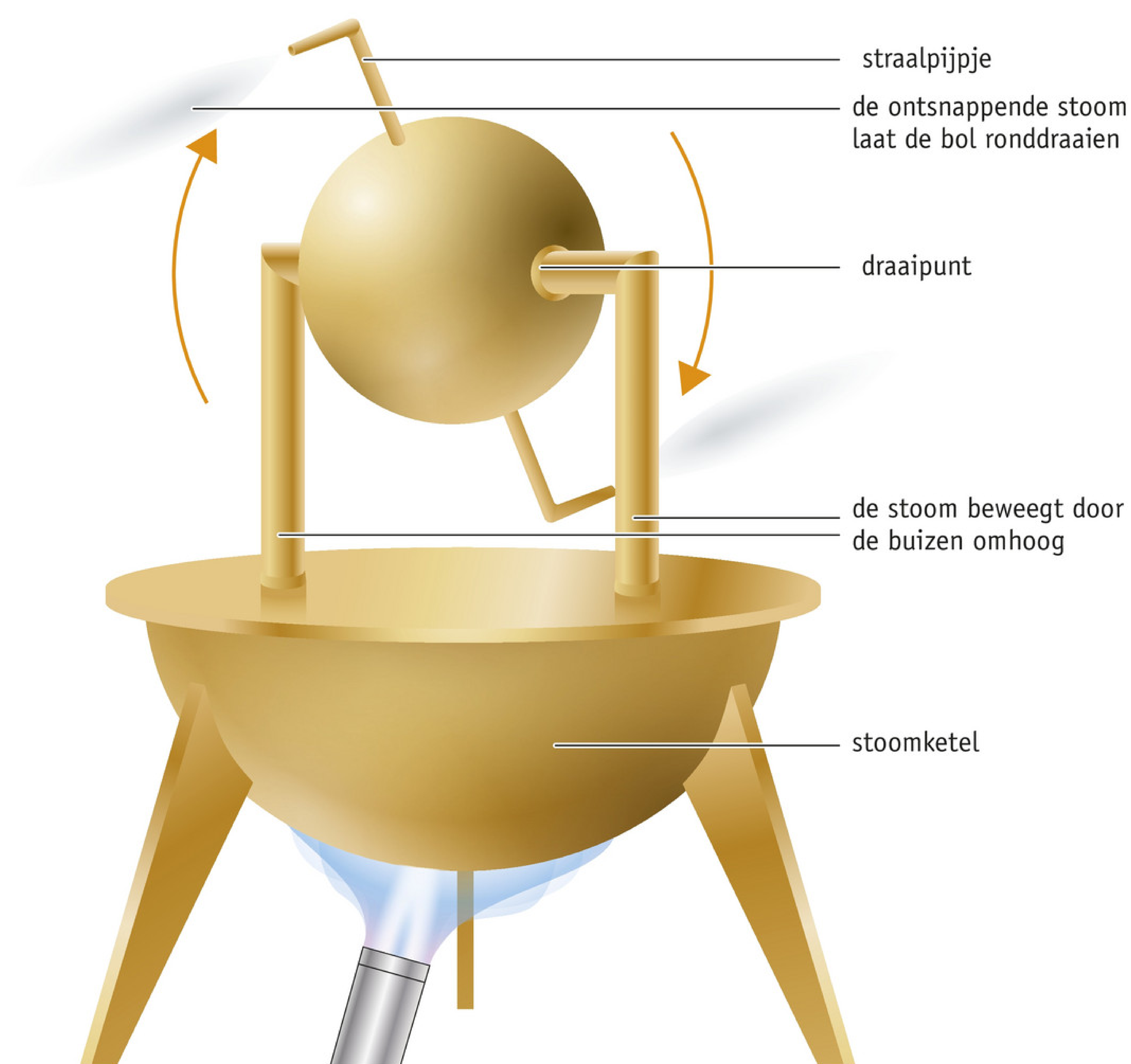
In figuur 1 zie je hoe Herons uitvinding werkte. In een stoomketel werd water verhit. De stoom die daarbij ontstond, werd via twee holle buizen naar een draaibare bal geleid. Daar kon de stoom via twee gebogen pijpjes uit ontsnappen. De kracht waarmee dat gebeurde, was groot genoeg om de bal met een flinke snelheid te laten draaien.

De *aeolipile* van Heron (zo noemde hij zijn uitvinding) kan urenlang draaien op een paar liter water. Dat komt doordat er uit een kleine hoeveelheid water een enorm volume aan stoom kan ontstaan.

Als stoom onbelemmerd uit kan zetten, levert 1 liter water wel 1600 liter stoom op. Herons *aeolipile* haalt dat niet, omdat de stoom maar via twee nauwe openingen uit het apparaat kan ontsnappen. Toch heb je ook in dit geval genoeg aan 1 liter water om honderden liters stoom te maken.

## Stoom opsluiten

Als je water kookt in een steelpannetje, kan de stoom alle kanten op. De stoom hoeft niet hard te duwen om meer ruimte voor zichzelf te maken. Je krijgt dan wel een heleboel stoom, maar geen grote krachten. Datzelfde zie je in vulkanische gebieden waar de stoom gemakkelijk uit de bodem kan ontsnappen. Je hebt daar wel hete bronnen die voortdurend borrelen en nevelwolken uitstoten, maar geen geisers die opeens krachtig uitbarsten.




**figuur 1** De *aeolipile* van Heron.

Om stoom kracht te laten uitoefenen, moet je het opsluiten in een kleine ruimte, zoals de ketel van Herons *aeolipile*. Als het water in de ketel kookt, ontstaat er steeds meer stoom waar niet meteen een uitweg voor is. Daardoor loopt de druk in de ketel en de bol flink op – en dat is precies wat nodig is om de stoom met kracht uit de straalpijpjes te laten stromen.

Stoom onder hoge druk is uiterst geschikt om dingen in beweging te brengen. Nergens zie je dat beter dan in een moderne elektriciteitscentrale (figuur 2). Veertig meter hoge stoomketels produceren stoom voor een reeks turbines in de machinehal. De turbines worden aan het draaien gebracht door de gloeiend hete stoom die tegen de turbinebladen blaast – net als windmolens door de wind, maar dan vele malen krachtiger. Ze drijven op hun beurt generatoren aan die honderdduizenden mensen van elektrische energie voorzien.



**figuur 2** Een moderne elektriciteitscentrale.

## Stoomexplosies

De kracht van stoom kan ook gevaarlijk zijn. Een ketel of een pijpleiding die stoom onder hoge druk bevat, kan het plotseling begeven door een constructiefout of door ouderdom en slecht onderhoud. De stoom stroomt dan met onweerstaanbare kracht naar buiten en blaast alles in zijn pad opzij. Mensen kunnen niet alleen gewond raken door de hete stoom, maar ook door rondvliegende brokstukken.

Op 19 juli 2018 explodeerde een ondergrondse stoomleiding onder een druk kruispunt in New York (figuur 3). De stoom blies heet water en modder meer dan veertig meter de lucht in. Tientallen gebouwen in de buurt van het bekende *Flatiron*-gebouw moesten ontruimd worden. De oorzaak: een zwakke plek in een 89 jaar oude stoompijp.

De explosieve kracht van stoom is ook de reden dat je een brandende frituurpan NOOIT met water moet proberen te blussen. De combinatie van water en heet brandend vet is levensgevaarlijk. Als het water het frituurvet raakt, zal het razendsnel veranderen in stoom. De daarop volgende stoomexplosie slingert het brandende vet alle kanten op. Er ontstaat een grote vuurbal die alles om zich heen in brand zet.

**Voorzichtig ... stoom!**
Stoomketels worden zorgvuldig ontworpen zodat ze de enorme kracht van de stoom kunnen weerstaan. De bouwers houden een veiligheidsmarge aan. Ook als de druk boven de maximaal toelaatbare waarde stijgt, vliegen de brokken je niet meteen om de oren. Bovendien zijn er allerlei veiligheidsvoorzieningen. Als de druk in een ketel te hoog oploopt, gaan er meteen veiligheidskleppen open. Daardoor kan er stoom ontsnappen, zodat de druk in de ketel zakt. Buiten de ketel zie je dan een grote nevelwolk waar de hete stoom condenseert in de koude buitenlucht.

**figuur 3** Ravage in Manhattan.

**Stoomontploffing treft New York**



Een explosie in een ondergrondse leiding heeft voor chaos gezorgd tijdens de ochtendspits in New York City. Door de ontploffing ontstond een geiser die wolken waterdamp omhoogspoot boven Manhattan.
Het incident gebeurde op de hoek van de bekende winkelstraat Fifth Avenue en 21st Street. Stukken asfalt vlogen de straat op en er ontstond een krater in het midden van Fifth Avenue. Door de explosie in de stoomleiding raakten ook water-, gas- en elektriciteitsleidingen beschadigd. Gebouwen in de omgeving werden ontruimd en in de straten eromheen werd het verkeer stilgelegd.
Het stoomleidingnet onder de straten van Manhattan werd aangelegd om wolkenkrabbers en bedrijven te verwarmen. Sommige bedrijven gebruiken de stoom ook voor schoonmaakdoeleinden.

*Naar: nos.nl.*

Aan het begin van het stoomtijdperk, nu zo'n tweehonderd jaar geleden, had de veiligheid nog niet zoveel aandacht. Maar er gebeurden zoveel ongelukken dat daar al snel verandering in kwam. In 1824 werd in Nederland de Stoomwet van kracht. Daarin stonden allerlei regels die voor meer veiligheid moesten zorgen. De mensen van toen zullen alle voorschriften weleens lastig hebben gevonden, maar de veiligheid verbeterde er enorm door.

**WEETJE**

New York heeft het grootste commerciële stoomsysteem ter wereld, met circa 160 km aan pijpleidingen. Meer dan honderdduizend bedrijven en huishoudens zijn op het systeem aangesloten. Woningverwarming, warmwatervoorziening en airconditioning zijn de belangrijkste toepassingen. Sommige van de stoompijpen zijn al meer dan honderd jaar oud.

De ouderwetse stoommachine is inmiddels bijna uitgestorven, maar stoomturbines doen het nog altijd fantastisch. Ze wekken 80% op van alle elektrische energie die wereldwijd wordt gebruikt. Zelfs een kerncentrale kan niet zonder stoomturbines om warmte om te zetten in beweging. Elektriciteit heeft het gebruik van stoom dus niet overbodig gemaakt, maar alleen verplaatst ... naar de centrale. Als je er goed over nadenkt, maken zelfs je telefoon en je laptop indirect gebruik van de kracht van stoom.

## OPDRACHTEN

**1** Leg uit hoe het komt:

**a** dat geisers niet voorkomen in gebieden waar de bodem heet water en stoom gemakkelijk doorlaat.

**b** dat de druk in de ketel en in de bol van Herons *aeolipile* oploopt als het water in de ketel begint te koken.

**c** dat je een enorm risico loopt als je een brandje in een frituurpan met water probeert te blussen.

**2** Bij een stoomexplosie ontstaan altijd grote wolken witte nevel.

**a** Uit welke stof bestaan die nevelwolken? In welke fase is die stof?

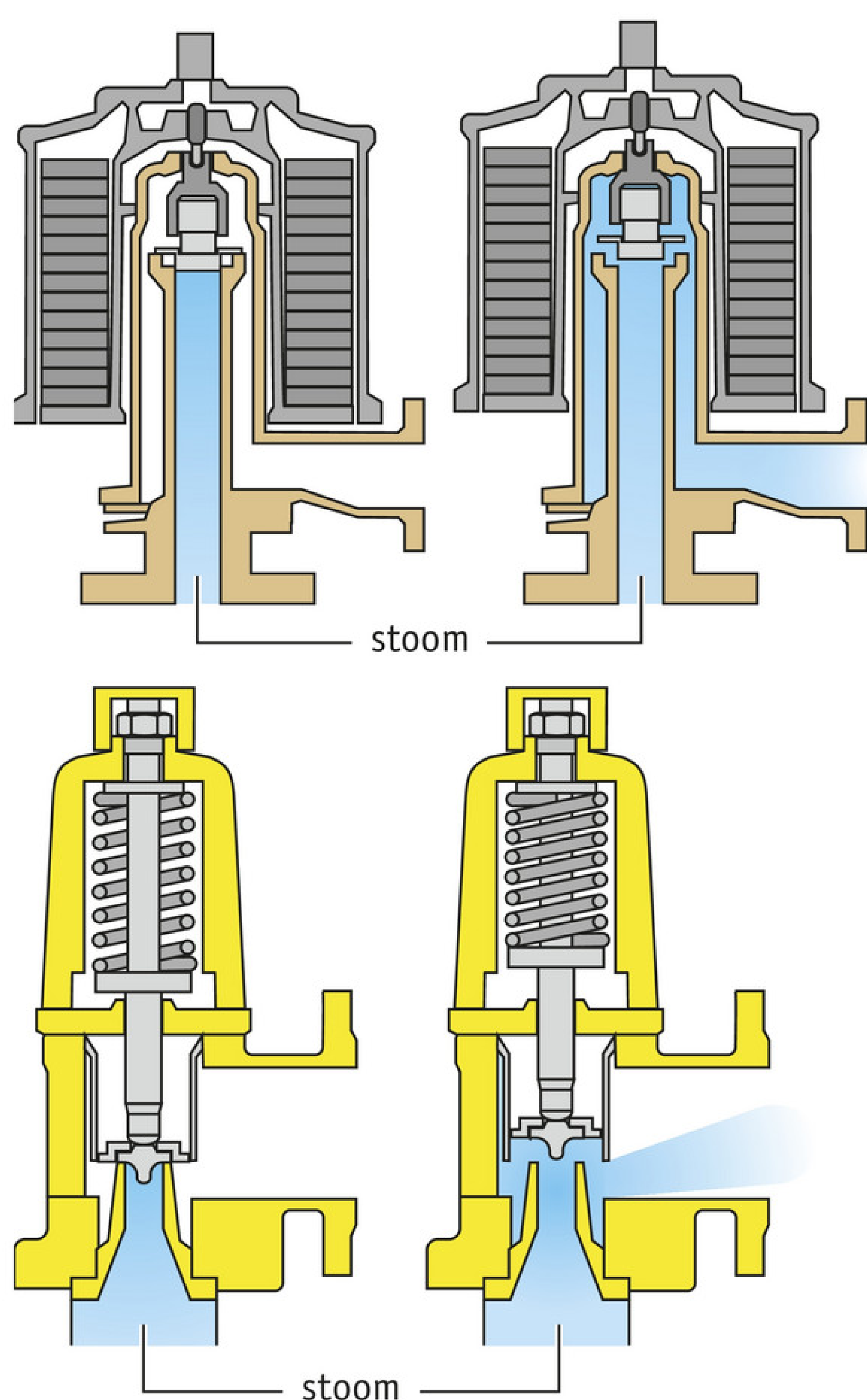
**b** De media hebben het over 'stoomwolken' en 'wolken waterdamp'. Waarom zijn deze namen vanuit natuurkundig oogpunt minder juist?

**c** In een krantenbericht staat: "De stoomwolken losten snel weer op." Vertaal deze zin van 'alledaagse/mediataal' naar 'natuurkundetaal'.

**3** Bekijk de twee soorten veiligheidskleppen in figuur 4.

**a** Leg uit hoe de bovenste veiligheidsklep werkt.

**b** Leg uit hoe de onderste veiligheidsklep werkt.




**figuur 4** Twee veiligheidskleppen.

# Leerstofoverzicht

## 3.1 IJS, WATER, WATERDAMP

### ONTHOUD

- Stoffen kunnen voorkomen in drie fasen: vaste stof, vloeistof en gas.
- Met het deeltjesmodel kun je je een beeld vormen van de drie fasen. In elke fase zijn de moleculen van een stof hetzelfde, maar ze bewegen anders:
  - In een vaste stof trillen de moleculen heen en weer rond een eigen vaste plaats. Een vaste stof heeft daardoor een vast volume en een vaste vorm.
  - In een vloeistof bewegen de moleculen in alle richtingen langs elkaar heen, maar ze blijven wel zo dicht mogelijk bij elkaar. Een vloeistof heeft daardoor een vast volume, maar geen eigen vorm.
  - In een gas bewegen de moleculen los van elkaar en ze verspreiden zich over de ruimte waar het gas in zit. Daardoor is de gemiddelde onderlinge afstand tussen de moleculen erg groot. Een gas heeft geen vast volume en ook geen eigen vorm.
- Bij veel vaste stoffen zijn de moleculen van een vaste stof regelmatig gestapeld. Zo ontstaat een kristalrooster.

### BEGRIPPEN

**deeltjesmodel**
Natuur- en scheikundig model dat ervan uitgaat dat stoffen uit moleculen bestaan.

**fasen**
De drie toestanden waarin een stof zich kan bevinden: vaste stof, vloeistof en gas.

**gas**
Fase van een stof waarin alle moleculen los van elkaar kunnen bewegen. De moleculen zitten op relatief grote afstand van elkaar.

**kristalrooster**
Regelmatige stapeling van moleculen van één stof. In dit rooster heeft elk molecuul een vaste plaats.

**kristalstructuur**
Kenmerkende, regelmatige structuur van veel vaste stoffen.

**vaste stof**
Fase van een stof waarin alle moleculen rond een evenwichtsstand trillen.

**vloeistof**
Fase van een stof waarin alle moleculen langs elkaar heen kunnen bewegen. De moleculen zitten zo dicht mogelijk bij elkaar.

## 3.2 TEMPERATUUR

### ONTHOUD

- Met een thermometer kun je de temperatuur meten. De eenheid van temperatuur die in het dagelijks leven veel gebruikt wordt is graden Celsius (°C).
- Als je de temperatuur van de lucht meet met een thermometer, vind je een getalswaarde die niet afhangt van je gevoel.
- Een vloeistofthermometer bestaat uit een reservoir en een stijgbuis waarlangs een schaalverdeling is aangebracht. Bij een vloeistofthermometer stijgt de vloeistof in de stijgbuis als de temperatuur stijgt. Dat komt doordat de vloeistof uitzet.
- De schaalverdeling in graden Celsius gaat uit van twee vaste punten: de temperatuur van smeltend ijs is 0 °C en de temperatuur van kokend water is 100 °C. Het tussenliggende gebied op de thermometer wordt in honderd gelijke stukken verdeeld.
- Het verschil tussen de laagste en hoogste temperatuur die je met een thermometer kunt meten is het meetbereik.
- Op een digitale thermometer lees je de temperatuur af op een scherm. Deze werkt elektronisch.

### BEGRIPPEN

**digitale thermometer**
Thermometer waarbij je de temperatuur op een schermpje kunt aflezen.

**meetbereik**
Het verschil tussen de hoogste en de laagste waarde die je met een meetinstrument kunt meten.

**reservoir**
Ruimte onderaan de vloeistofthermometer die gevuld is met vloeistof.

**stijgbuis**
Doorzichtig pijpje van een thermometer waarin een vloeistof kan stijgen en dalen.

**thermometer**
Instrument om de temperatuur mee te meten.

**vloeistofthermometer**
Thermometer die bestaat uit een reservoir en een stijgbuis gevuld met vloeistof.

## 3.3 VERANDEREN VAN FASE

### ONTHOUD

- Bij een fase-overgang gaat een stof over van de ene fase in een andere fase.
- Er zijn zes fase-overgangen:
  - bij smelten verandert een vaste stof in een vloeistof;
  - bij stollen of bevriezen verandert een vloeistof in een vaste stof;
  - bij verdampen verandert een vloeistof in een gas;
  - bij condenseren verandert een gas in een vloeistof;
  - bij rijpen verandert een gas in een vaste stof;
  - bij vervluchtigen verandert een vaste stof in een gas.
- De fase-overgangen spelen een belangrijke rol bij allerlei weersverschijnselen.
- Wat er bij een fase-overgang gebeurt, is te beschrijven met het deeltjesmodel:
  - Als de temperatuur van een vaste stof stijgt, gaan de moleculen steeds harder trillen waarbij ze steeds verder uit elkaar bewegen. De afstand tussen de moleculen wordt dan zo groot dat aantrekkingskracht te klein wordt om ze bij elkaar te houden. De stof smelt dan en wordt vloeibaar.
  - In een vloeistof bewegen de moleculen alle kanten op. Moleculen die zich vlak bij het vloeistofoppervlak bevinden, kunnen door hun snelheid uit de vloeistof ontsnappen. De vloeistof verdampt dan en wordt en gas.

## BEGRIPPEN

**bevriezen**
Een andere naam voor stollen, specifiek voor vloeistoffen die vast worden bij een temperatuur onder 0 °C.

**condenseren**
Fase-overgang waarbij een stof overgaat van gasvormig naar vloeibaar.

**fase-overgang**
Een stof gaat van de ene toestand over in een andere toestand.

**rijpen**
Fase-overgang waarbij een stof overgaat van gasvormig naar vast.

**smelten**
Fase-overgang waarbij een stof overgaat van vast naar vloeibaar.

**stollen**
Fase-overgang waarbij een stof overgaat van vloeibaar naar vast.

**verdampen**
Fase-overgang waarbij een stof overgaat van vloeibaar naar gasvormig.

**vervluchtigen**
Fase-overgang waarbij een stof overgaat van vast naar gasvormig.

# 3.4 KOOKPUNT EN SMELTPUNT

## ONTHOUD

- Als water kookt, bereiken de dampbellen, die overal in de vloeistof ontstaan, het wateroppervlak.
- Als een vloeistof verhit wordt, stijgt de temperatuur tot het kookpunt. Tijdens het koken blijft de temperatuur constant.
- Als een vaste stof verhit wordt, stijgt de temperatuur tot het smeltpunt. Bij het smeltpunt wordt de vaste stof vloeibaar. Tijdens het smelten blijft de temperatuur constant. De temperatuur waarbij een vloeistof door afkoeling vast wordt, is het stolpunt. Bij water spreek je niet van stolpunt, maar van vriespunt.
- Je kunt het vriespunt van water verlagen door een geschikte stof aan het water toe te voegen (zout of antivries).
- Als je een vaste stof verhit en je meet regelmatig de temperatuur van die stof, voor, tijdens en na het smelten, dan kun je een smeltdiagram tekenen.
- Als je een vloeistof laat afkoelen en je meet regelmatig de temperatuur van die stof voor, tijdens en na het stollen, dan kun je een stoldiagram tekenen.

## BEGRIPPEN

**koken**
Het proces waarbij een vloeistof niet alleen aan de oppervlakte verdampt, maar overal in de vloeistof.

**kookpunt**
Temperatuur waarbij een vloeistof gaat koken. Het kookpunt is een kenmerkende stofeigenschap.

**smeltdiagram**
Grafiek die het temperatuurverloop tijdens het smeltproces weergeeft voor een specifieke stof.

**smeltpunt**
Temperatuur waarbij een vaste stof gaat smelten. Het smeltpunt is een kenmerkende stofeigenschap.

**stoldiagram**
Grafiek die het temperatuurverloop tijdens het stollingsproces weergeeft voor een specifieke stof.

**vriespunt**
Temperatuur waarbij een stof gaat stollen. Vries- en stolpunt zijn kenmerkende stofeigenschappen.


Ga naar de *Flitskaarten* en de *Diagnostische toets*.

# 4 Elektriciteit

**MOBIELE APPARATEN**
**Een elektrisch apparaat dat op batterijen werkt, kun je meenemen en gebruiken waar je maar wilt. Je hebt dan geen last van een snoer dat in het stopcontact moet. Natuurlijk moet je wel de batterijen op tijd opladen of verwisselen.**



# 1 Een stroomkring maken

## LEERDOELEN

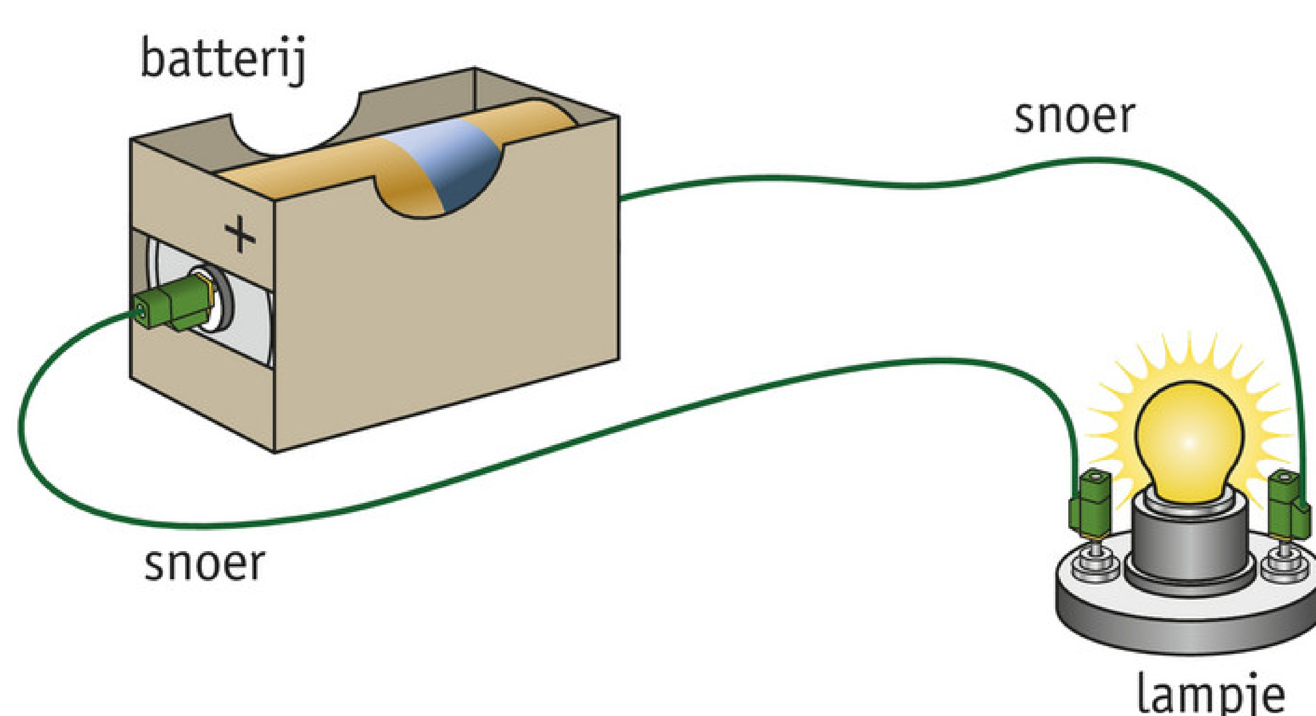
4.1.1 Je kunt uitleggen hoe je een gesloten stroomkring maakt.
4.1.2 Je kunt de verschillende onderdelen van een stroomkring benoemen.
4.1.3 Je kunt het verschil tussen geleiders en isolatoren beschrijven.
4.1.4 Je kunt een aantal geleiders en isolatoren benoemen.
4.1.5 Je kunt uitleggen op welke manier je de stroomsterkte meet.
EXTRA 4.1.6 Je kunt uitleggen wat een led is en hoe een led werkt.

| TAXONOMIE | LEERDOELEN EN OPDRACHTEN | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4.1.1 | 4.1.2 | 4.1.3 | 4.1.4 | 4.1.5 | 4.1.6 |
| Onthouden | 1a | 1d | 1c, 2a | 1b, 3 | 2bc | |
| Begrijpen | | | | | 5, 6ab, 7abcdefghij | 12a, 13 |
| Toepassen | 4, 10, 11 | | 8, 9 | | | |
| Analyseren | | | | | | 12b |

**In huis zijn er allerlei apparaten die op elektriciteit werken. Apparaten met een groot energieverbruik, zoals een stofzuiger of een wasmachine, sluit je aan op het lichtnet. Maar er zijn ook veel elektrische apparaten die op batterijen of accu's werken.**

## EEN GESLOTEN STROOMKRING

Om een lampje te laten branden, moet je er een elektrische stroom doorheen laten lopen. Dat lukt alleen als je een gesloten **stroomkring** maakt. Bijvoorbeeld: van de ene kant van een batterij naar het lampje, door het lampje en weer terug naar de andere kant van de batterij (figuur 1).




**figuur 1** Een gesloten stroomkring.

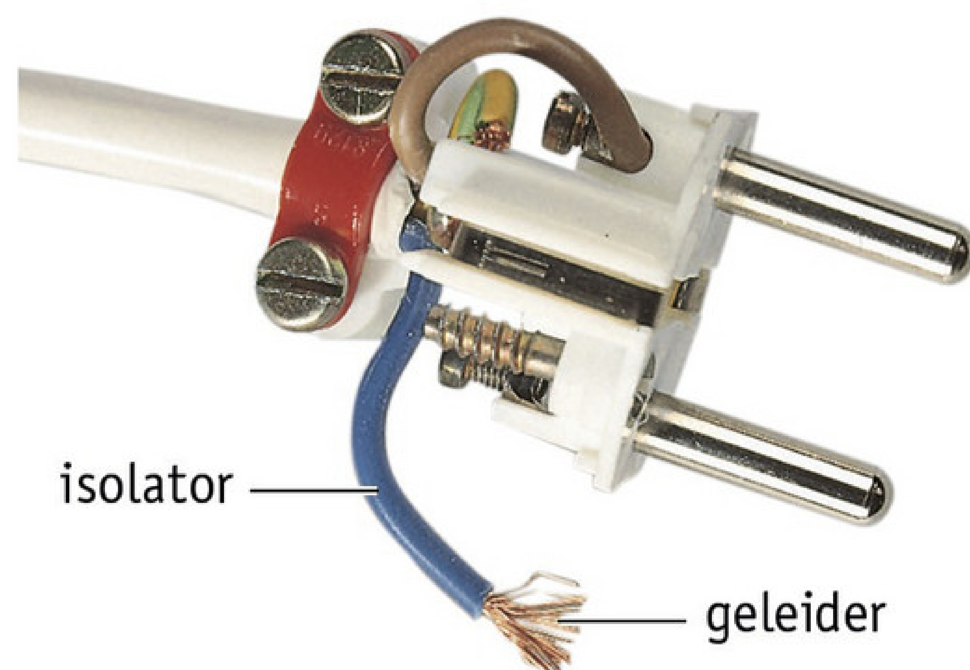
De woorden 'stroom' en 'stroomkring' maken duidelijk dat er 'iets' door de snoeren en het lampje heen beweegt. Natuurkundigen hebben dat 'iets' de naam **lading** gegeven. Een elektrische stroom bestaat uit bewegende lading. Als je een stroomkring onderbreekt, valt die beweging stil. De lading is er nog wel, maar die kan niet meer door de stroomkring heen bewegen.

Je kunt het bewegen van lading vergelijken met het stromen van lucht. In beide gevallen is de beweging zelf niet te zien. Wat je wel kunt zien, is het effect van die beweging. Als je de stroomkring sluit, zie je het lampje aangaan. Als het buiten waait, zie je de windmolens draaien.

## ISOLERENDE EN GELEIDENDE STOFFEN

PROEF 1

Er zijn verschillende manieren om de onderdelen van een stroomkring met elkaar te verbinden. Bij proeven met elektriciteit gebruik je daar snoeren voor. De elektrische stroom loopt door de koperdraad die binnen in zo'n snoer zit. De buitenkant van het snoer is van plastic. Daar loopt geen elektrische stroom doorheen (figuur 2).



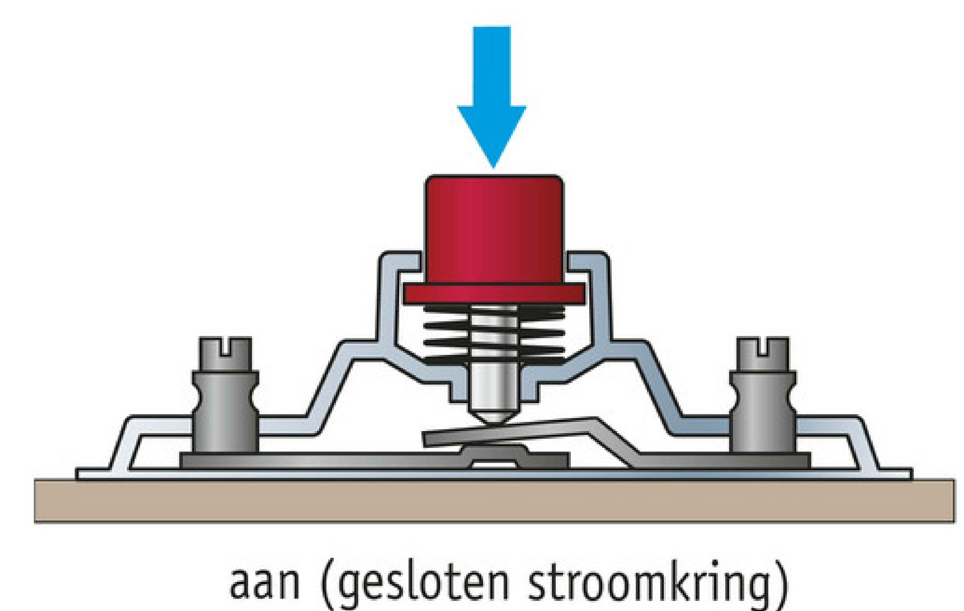

**figuur 2** Een stekker en een elektriciteitssnoer bestaan uit geleiders en isolatoren.

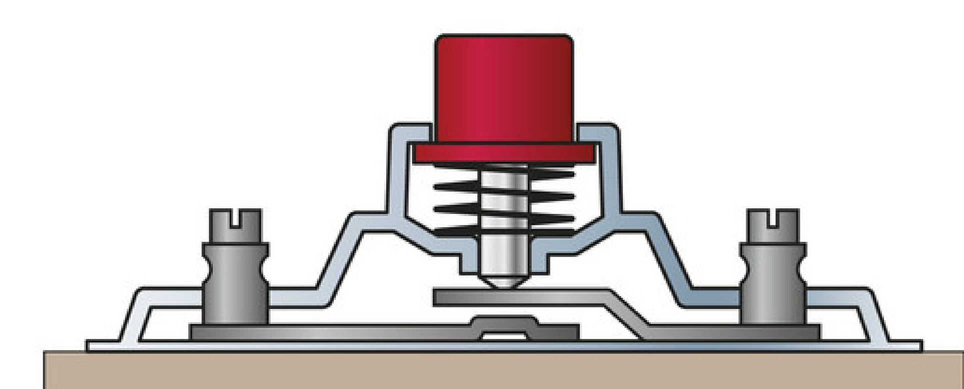
Stoffen waar een elektrische stroom gemakkelijk doorheen kan lopen, heten **geleiders**. Alle metalen zijn geleiders, maar het ene metaal geleidt beter dan het andere. Koper en aluminium geleiden bijvoorbeeld beter dan ijzer en lood. Koolstof is geen metaal, maar in sommige gevallen is koolstof toch een geleider.

Stoffen die een elektrische stroom niet of heel slecht doorlaten, noem je **isolatoren**. Voorbeelden zijn rubber, glas en de meeste soorten plastic. Als een vaste stof geen metaal is, gaat het bijna altijd om een isolator. Ook lucht is een goede isolator.

In een gesloten stroomkring loopt de stroom door de geleidende
delen van snoeren, lampjes of apparaten. Met een **schakelaar** kun je de stroom in- en uitschakelen (figuur 3). Als je de stroom inschakelt, komen twee geleidende delen in de schakelaar met elkaar in contact. De stroomkring wordt zo gesloten.

Als je met de schakelaar de stroom uitschakelt, is er geen geleidende verbinding meer. De stroomkring is dan open en de elektriciteit kan niet meer naar de lamp stromen. Bij een open stroomkring kan de lamp dus niet branden.




**figuur 3** Twee soorten schakelaars.

## DE STROOM METEN

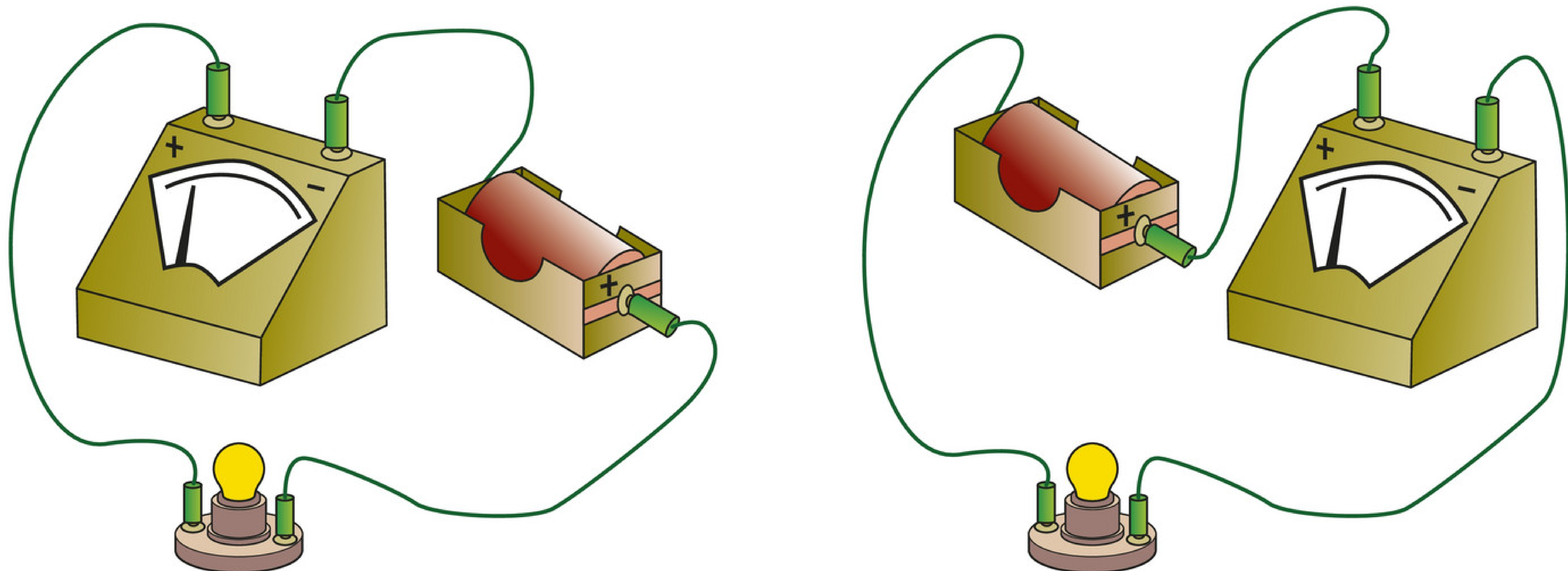
PROEF 2

Met een **stroommeter** kun je meten hoe 'sterk' de elektrische stroom door een stroomkring is. Je meet dan op een bepaald punt in de stroomkring hoeveel lading er in één seconde voorbijkomt. Dat noem je de **stroomsterkte**. Hoe meer lading er per seconde voorbijkomt, des te groter is de stroomsterkte.

Je kunt de stroomsterkte vergelijken met de hoeveelheid lucht die per seconde uit een opgeblazen ballon loopt. Als je het ventiel (het tuitje) van de ballon een eindje opent, stroomt de lucht naar buiten. Hoe groter de 'stroomsterkte', des te eerder is de ballon leeg.

De eenheid van elektrische stroomsterkte is de ampère (A). Een stroommeter wordt daarom ook wel een ampèremeter genoemd. Als de stroomsterkte klein is, meet je de stroom vaak in milliampère (mA). Je kunt zeggen dat er 0,250 A door een lampje loopt of 250 mA. Dat komt op hetzelfde neer.

Het maakt niet uit waar je een stroommeter in de stroomkring opneemt: links of rechts van het lampje. Aan de ene kant gaat er evenveel lading het lampje in als er aan de andere kant weer uitkomt. De stroomsterkte is op elke plaats in de stroomkring even groot (figuur 4).




**figuur 4** Twee manieren om de stroomsterkte te meten.

**Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

## EXTRA DE LED

Een led is een lampje dat in allerlei soorten verlichting gebruikt wordt. Kenmerkend voor een led is dat de stroom er maar in één richting doorheen kan lopen. Als je het andersom probeert, loopt er geen stroom en geeft de led geen licht. Daarom moet je erop letten dat je een led op de juiste manier aansluit: het langste aansluitpootje moet verbonden worden met de pluskant van de batterij (figuur 5).



**figuur 5** Een led in close-up.

De naam led is een afkorting van 'licht emitterende diode'. Zo wordt het kleine elektronische onderdeel genoemd dat het licht produceert. Als je een led hebt met een kleurloos plastic omhulsel, kun je de diode met enige moeite onderscheiden. Het plastic omhulsel beschermt de led en de aansluitsnoeren. De ronde bovenkant van de led helpt bovendien om het licht van de led te bundelen.

In fietslampjes worden bijna altijd leds gebruikt (figuur 6). Leds hebben namelijk als voordeel dat ze heel efficiënt omgaan met elektrische energie. Leds verbruiken ongeveer 90% minder energie dan gloeilampen. Met een kleine hoeveelheid elektrische energie geven ze veel licht. De leds hebben bovendien een lange levensduur en zijn ook goed bestand tegen schokken.



**figuur 6** Een fietsachterlicht met vijf leds.

## LEERSTOF

**1** Beantwoord de volgende vragen.

**a** Wat moet je doen om een klein lampje te laten branden op een batterij?
**b** Welke groep stoffen bestaat volledig uit goede geleiders van elektriciteit?
**c** Hoe noem je stoffen die een elektrische stroom niet of heel slecht doorlaten?
**d** Yasmine heeft een stroomkring gemaakt waarin ze een lampje in en uit kan schakelen. Noem de drie onderdelen (naast het lampje) die Yasmine zeker in de schakeling heeft moeten opnemen.

**2** Vul in.

**a** Een elektrische stroom bestaat uit ............................ die door ............................ materialen beweegt.

**b** Met een ............................................................................ kun je meten hoe groot de stroomsterkte in een stroomkring is.

**c** De sterkte van de elektrische stroom wordt gemeten in ............................, afgekort met de letter ............

**3** Welke van deze stoffen zijn geleiders?
*glas – ijzer – koper – lucht – plastic – rubber*

## TOEPASSING

**4** Leg uit hoe het spelletje van figuur 7 werkt.
Gebruik in je uitleg de woorden ‘open stroomkring’ en ‘gesloten stroomkring’.



**figuur 7** Als je hand trilt, gaat de bel rinkelen.

**5** In figuur 8 zie je drie foto's van een stroommeter. Bekijk in elke foto goed voor welk meetbereik gekozen is (dit zie je aan het rode snoer).
Lees de stroomsterktes af die de meters aangeven en schrijf ze op.
Zie de vaardigheid *Werken met een stroommeter.*

stroommeter a: ...................... A

stroommeter b: ...................... A

stroommeter c: ...................... A

**figuur 8** Welke stroomsterkte geven de drie stroommeters aan?




stroommeter a




stroommeter b




stroommeter c

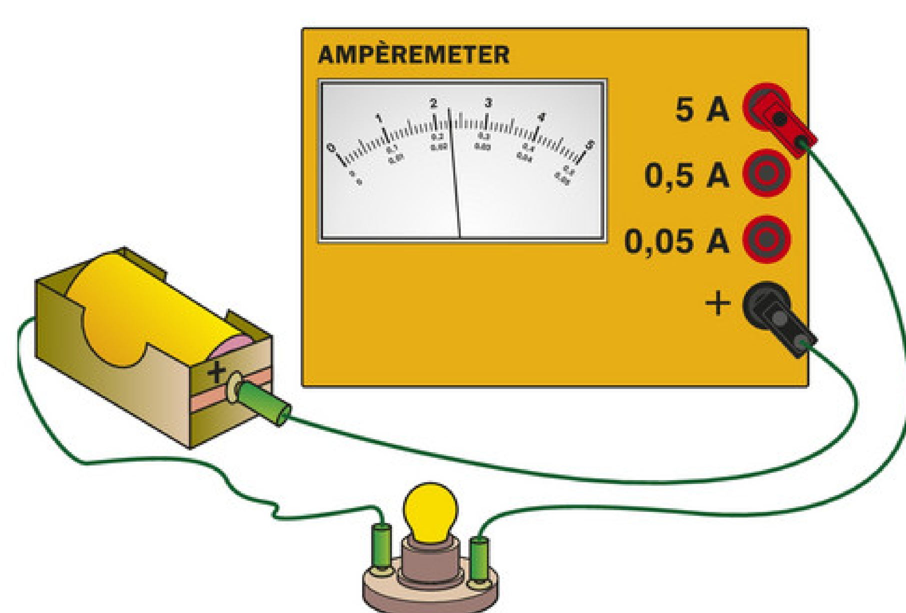
**Meer oefening nodig met het aflezen van stroommeters?**
**Ga naar de *Vaardigheidstrainer* in paragraaf 1 Een stroomkring maken.**

**6** Romi meet de stroomsterkte tussen de pluspool van een batterij en een lampje (figuur 9).

**a** Hoe groot is de stroomsterkte die de stroommeter aangeeft? ...................... A

**b** Daarna meet Romi de stroomsterkte tussen het lampje en de minpool van de batterij.
Wat kun je zeggen over de stroomsterkte die ze dan meet?

- ○ A Die is groter dan ze net bij opdracht 6a heeft gemeten.
- ○ B Die is even groot als ze net bij opdracht 6a heeft gemeten.
- ○ C Die is kleiner dan ze net bij opdracht 6a heeft gemeten.




**figuur 9** De opstelling van Romi.

**7** Bereken.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **a** | 37 mA = | ...................... A | **f** | 950 mA = | ...................... A |
| **b** | 452 mA = | ...................... A | **g** | 0,072 A = | ...................... mA |
| **c** | 0,250 A = | ...................... mA | **h** | 0,008 A = | ...................... mA |
| **d** | 0,032 A = | ...................... mA | **i** | 1282 mA = | ...................... A |
| **e** | 3 mA = | ...................... A | **j** | 0,125 A = | ...................... mA |

**Meer oefening nodig met het omrekenen tussen ampère en milliampère?**
**Ga naar de *Vaardigheidstrainer* in paragraaf 3 Schakelingen.**

**8** Als je een lichtschakelaar op UIT zet, wordt de stroomkring verbroken. Tussen de geleidende delen van de schakelaar zit dan lucht.
Leg uit hoe je hieruit kunt concluderen of lucht een geleider of een isolator is.

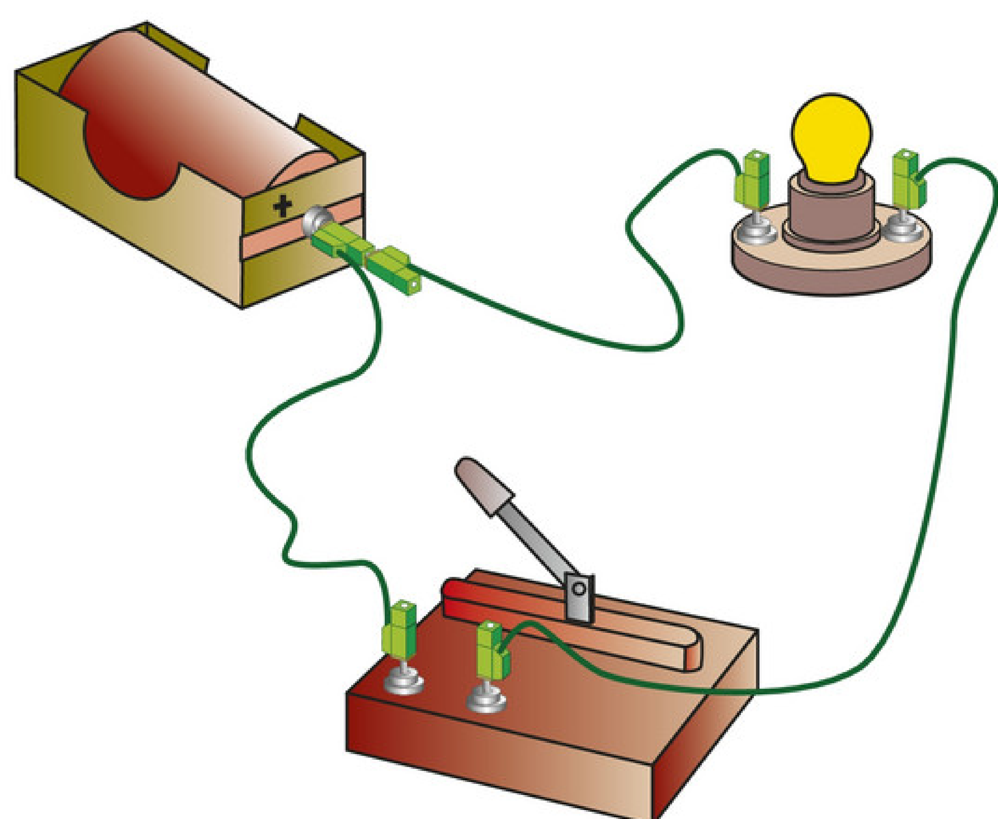
**9** Lars wil uitzoeken of kraanwater elektriciteit geleidt.
Leg uit hoe hij dat met een proefje kan onderzoeken. Maak een tekening van de proefopstelling.

**10** Op een website vindt Floor een artikel over hoe je zelf een eenvoudige deurbeveiliging kunt maken. Zie figuur 10 voor de handleiding.
Leg uit hoe de schakeling werkt.



**figuur 10** Een inbraakalarm om zelf te maken.

**★ 11** In figuur 11 zie je een schakeling met een lampje, een batterij en een schakelaar. Alle metalen onderdelen van de stroomkring staan met elkaar in verbinding.
Leg uit hoe het komt dat het lampje niet brandt.




**figuur 11** Waarom brandt het lampje niet?

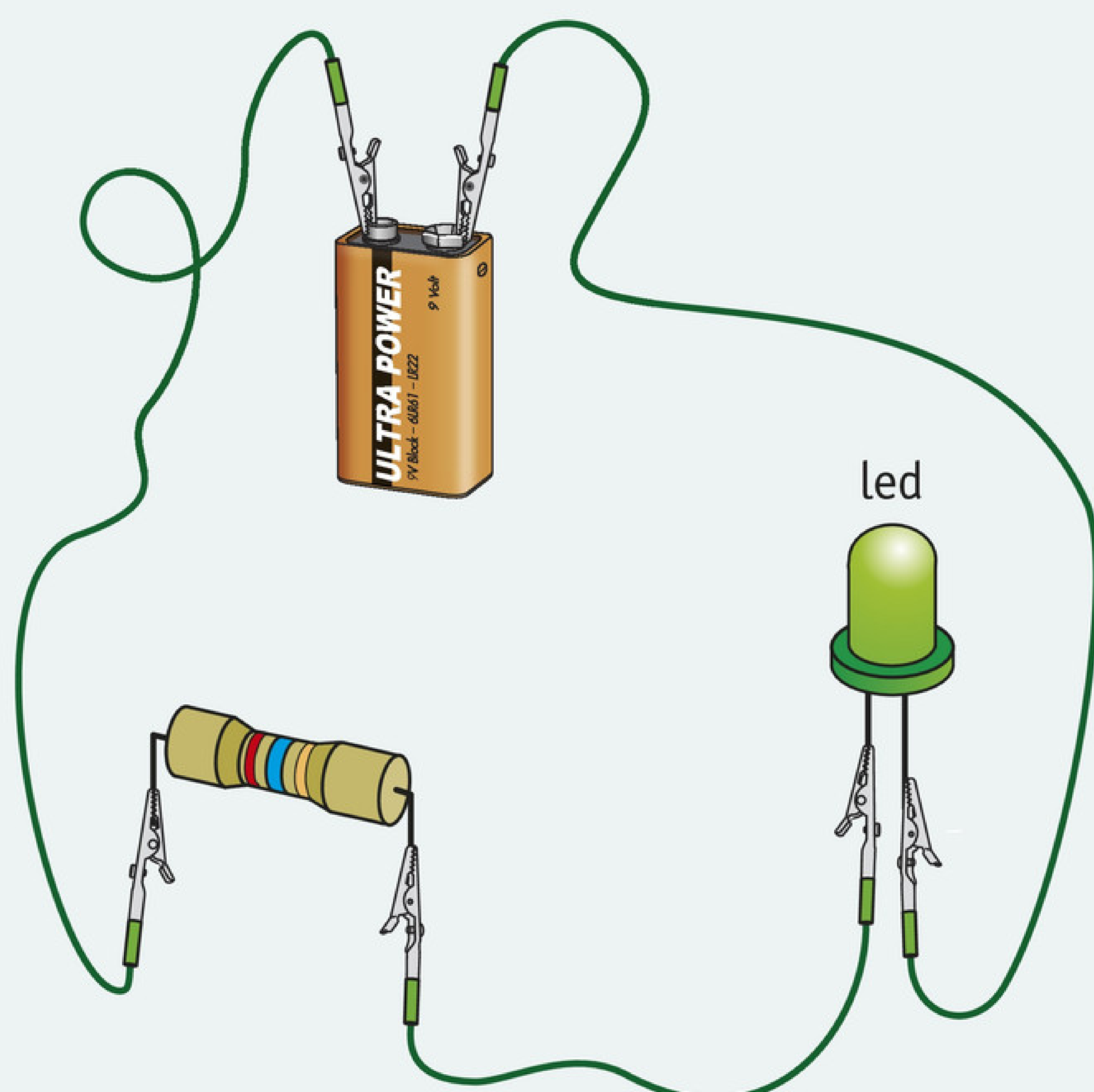
 **Test je kennis met de *Test jezelf*.**

## EXTRA DE LED

**12** Ilse heeft een led aangesloten op een batterij (figuur 12). De led geeft geen licht. Ilse weet zeker dat de batterij en de led niet stuk zijn en dat de snoeren goed vastzitten.

**a** Wat zal er waarschijnlijk mis zijn?

**b** Ilse maakt daarna een stroomkring met vijf rode leds. Als ze de batterij aansluit, branden alle leds. Als één led stuk gaat gaan alle leds uit.
Teken in figuur 13 de schakeling die Ilse gemaakt heeft.




**figuur 12** De schakeling van Ilse.




**figuur 13** De stroomkring met leds.

**13** Noem twee voordelen en één nadeel van leds.

# 2 Spanningsbronnen

### LEERDOELEN

4.2.1 Je kunt een aantal spanningsbronnen noemen.
4.2.2 Je kunt uitleggen wat spanning is.
4.2.3 Je kunt beschrijven hoe je spanning meet.
4.2.4 Je kunt uitleggen wat stroomsterkte is.
4.2.5 Je kunt de spanning berekenen als je batterijen in serie schakelt.
4.2.6 Je kunt van enkele veelvoorkomende spanningsbronnen aangeven of deze veilig of onveilig zijn.
4.2.7 Je kunt beschrijven wat je nodig hebt om apparaten die op een lagere spanning werken op een stopcontact te kunnen aansluiten.
EXTRA 4.2.8 Je kunt uitleggen op welke manieren je de schadelijkheid van het gebruik van batterijen kunt verminderen.

| TAXONOMIE | LEERDOELEN EN OPDRACHTEN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4.2.1 | 4.2.2 | 4.2.3 | 4.2.4 | 4.2.5 | 4.2.6 | 4.2.7 | 4.2.8 | 4.1.1* | 4.1.2* |
| Onthouden | 1a, 3c, | 3b | 3a | 2ab | 1b | 1c, 3d | 1d | 9, 11cd | | |
| Begrijpen | | | 4 | | 7c | | 8c | 10abc, 11ab | 7ab | 8a |
| Toepassen | | | | | 5abc, 6abcd, 7d, 8d | | | | 8b | |
| Analyseren | | | | | | | | | 8e | |

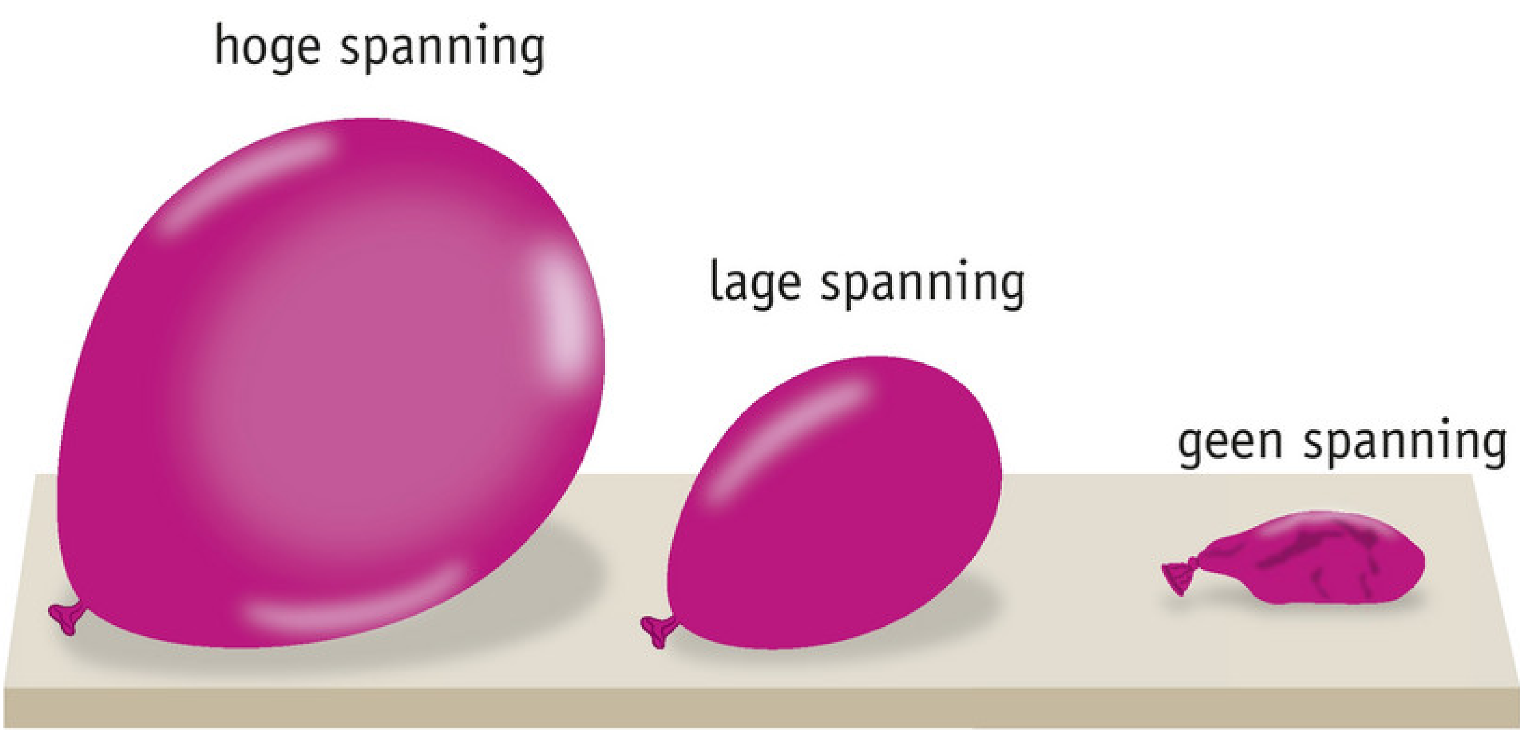
* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

**Om een stroomkring te maken, heb je een spanningsbron nodig. Veelgebruikte spanningsbronnen zijn batterijen, accu's en dynamo's. De panelen met zonnecellen die je vaak op daken ziet, zijn ook spanningsbronnen.**

### SPANNING

Op een batterij of accu staat altijd vermeld welke **spanning** die levert. Bijvoorbeeld 1,5 volt, 9 volt of 12 volt. Je kunt de vermelde spanning controleren met een **spanningsmeter**. Daarvoor moet je de spanningsmeter verbinden met de pluspool en de minpool van de batterij. Omdat de spanning wordt gemeten in volt (V), wordt een spanningsmeter ook wel een voltmeter genoemd.

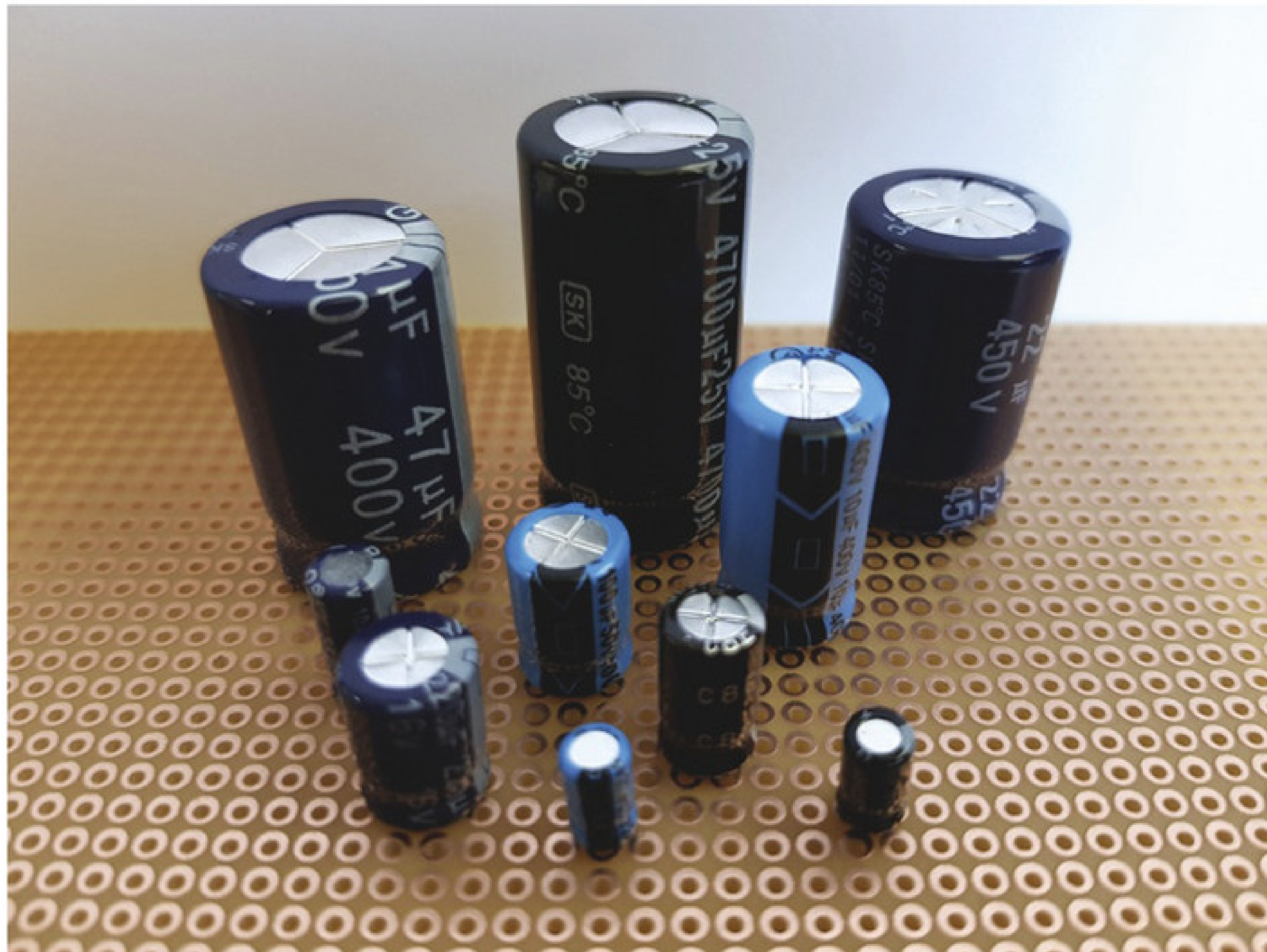
Maar wat is spanning eigenlijk? Je kunt een elektrische spanning vergelijken met de spanning van een opgeblazen ballon. Als je een ballon ver opblaast, krijgt hij een hoge spanning. Dat voel je als je op de ballon duwt: het rubber staat strak gespannen. Als je een ballon maar halfvol blaast, is de spanning veel lager. Het rubber geeft dan gemakkelijk mee (figuur 1).



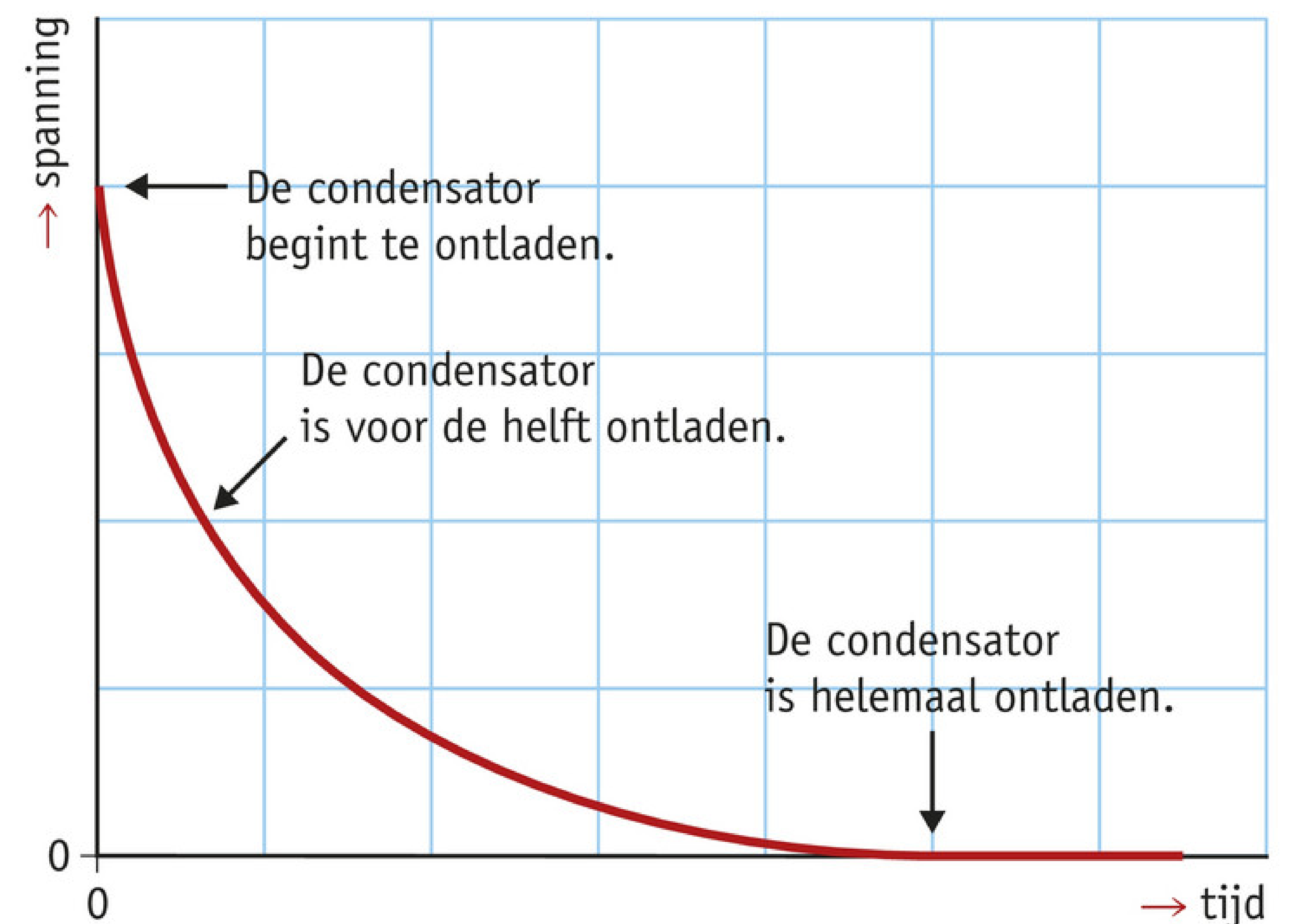

**figuur 1** Hoe meer lucht er in de ballon zit, des te groter is de spanning.

Als je het ventiel (het tuitje) van een ballon een eindje opent, begint er lucht uit de ballon te stromen. Hierdoor daalt de spanning van de ballon. De stroomsterkte (de hoeveelheid lucht die per seconde uit de ballon stroomt) wordt ook kleiner. Een tijdje later is de spanning helemaal weg en stroomt er geen lucht meer uit de ballon.

Er bestaat een elektrisch onderdeel dat zich net zo gedraagt als een ballon: een condensator (figuur 2). Je kunt een condensator opladen door er lading in op te slaan. De spanning loopt dan op tot er geen lading meer bij kan. Als je de lading daarna weg laat lopen, daalt de spanning weer. Eerst snel, daarna steeds langzamer (figuur 3).



figuur 2 Condensatoren zijn er in vele maten.




figuur 3 Zo ontlaadt een condensator.

Condensatoren worden veel gebruikt in elektronica om onderdelen te beschermen tegen snelle spanningsveranderingen. Maar ze zijn niet geschikt om er apparaten op te laten werken. Dat komt doordat een condensator geen constante spanning levert. Als je een lampje aansluit op een condensator, geeft hij steeds minder licht en gaat al snel uit. Dat is niet wat je wilt.

## BATTERIJEN

Batterijen en accu's leveren wel een constante spanning (figuur 4). Daarom worden ze **spanningsbronnen** genoemd. Als je een batterij gebruikt, stroomt er steeds lading uit de batterij de stroomkring in. Toch verandert de spanning daardoor niet. Dat komt doordat er in een batterij voortdurend nieuwe lading vrijkomt. Dat zorgt ervoor dat de spanning op peil blijft.




figuur 4 Enkele soorten batterijen en accu's; elk type spanningsbron heeft zijn eigen spanning.

De lading die uit een batterij stroomt, komt van stoffen binnen in de batterij. Die stoffen worden daarbij langzaam opgebruikt. Als ze bijna op zijn, kunnen ze niet genoeg lading meer produceren om de spanning helemaal op peil te houden. Je zegt dan dat de batterij bijna leeg is.

Gewone batterijen kun je maar één keer gebruiken. Die gooi je weg na gebruik. Er zijn ook **herbruikbare batterijen**. Die kun je opladen door de stroom er in omgekeerde richting doorheen te laten lopen. Dat zorgt ervoor dat de veranderingen in de batterij worden teruggedraaid. De oorspronkelijke stoffen komen dan weer terug. Bij gewone batterijen zijn de veranderingen niet om te keren.

## BATTERIJEN SCHAKELEN

Vaak heb je meer dan één batterij nodig om aan de juiste spanning te komen. Voor de afstandsbediening in figuur 5 heb je bijvoorbeeld twee staafbatterijen van 1,5 V nodig. Je moet die batterijen in serie schakelen. Dat wil zeggen dat je de pluspool van de ene batterij verbindt met de minpool van de andere batterij. Ze geven dan samen een spanning van 3,0 V.




**figuur 5** In deze afstandsbediening gaan twee batterijen van 1,5 V.

Als je vier batterijen van 1,5 V in serie schakelt, geven ze samen een spanning van 6,0 V. In zijn algemeenheid geldt:

Als je batterijen in serie schakelt, mag je hun spanningen bij elkaar optellen.

Als je een van de vier batterijen per ongeluk verkeerd om legt, werkt hij tegen de andere batterijen in. De totale spanning wordt dan 1,5 + 1,5 + 1,5 – 1,5 = 3,0 V.

## VEILIGE EN ONVEILIGE SPANNINGEN

De **netspanning** is in Nederland 230 V. Dit is de spanning die op de stopcontacten staat. Een spanning van deze grootte levert een duidelijk risico op. Als je een geleider aanraakt waar 230 V op staat, krijg je op zijn minst een onplezierige schok. Onder ongunstige omstandigheden kan zelfs je leven gevaar lopen. Daarom moeten apparaten die op 230 V werken, goed geïsoleerd zijn. Dan kun je geen onderdelen aanraken waar spanning op staat.

De spanning die een batterij levert, is veel lager dan 230 V. Zo'n lage spanning is niet gevaarlijk. Als je de polen van een batterij aanraakt, voel je zelfs helemaal niets! Als veilige grens wordt vaak 24 V genomen. Apparaten die op batterijen werken, blijven daar ruim onder. Je hoeft daarom niet bang te zijn dat een mobiele telefoon of een snoerloze boormachine je een schok geeft.

Veel apparaten werken op een lagere spanning dan 230 V. Om ze toch op het stopcontact te kunnen aansluiten, heb je een **transformator** nodig. Dit apparaat zet de netspanning om in een lage spanning. In de adapter waarmee je een mobiele telefoon oplaadt, zit een transformator die de netspanning van 230 V omzet in een spanning van 5 V.



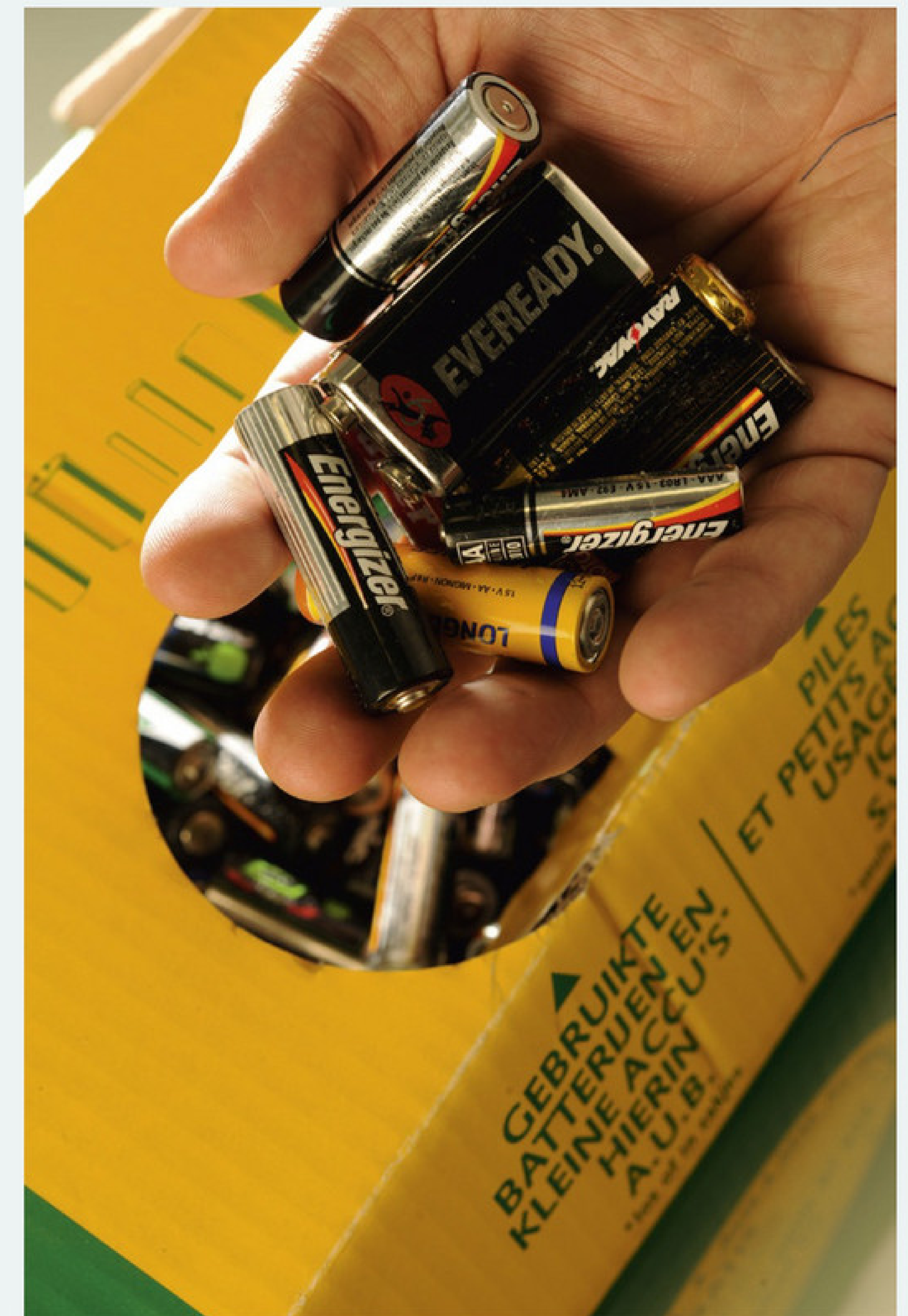
**Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

## EXTRA BATTERIJEN EN HET MILIEU

Vroeger zat er vaak kwik of cadmium in batterijen. Deze stoffen zijn erg giftig en mogen daarom niet meer in batterijen voorkomen. Toch bevatten batterijen nog steeds stoffen die schadelijk zijn voor het milieu. Daarom horen lege batterijen bij het klein chemisch afval (figuur 6). Dat geldt voor zowel herbruikbare als niet-herbruikbare batterijen.

Herbruikbare batterijen zijn minder slecht voor het milieu dan gewone batterijen, omdat ze veel langer meegaan. Je kunt zo'n batterij honderden keren opnieuw opladen. Dat levert weinig tot geen milieuschade op, zeker als je duurzame elektriciteit gebruikt (bijvoorbeeld uit zonnepanelen). Maar op een gegeven moment komt ook een herbruikbare batterij aan het eind van haar leven.

Afgedankte batterijen bevatten waardevolle stoffen, zoals nikkel, koper en kobalt. Er zijn bedrijven die deze stoffen uit de batterijen halen, zodat ze opnieuw gebruikt kunnen worden. Dat wordt recycling genoemd. Door stoffen te recyclen, kun je de afvalberg verminderen en tegelijk het gebruik van grondstoffen terugdringen.




**figuur 6** Batterijen horen bij het klein chemisch afval.

## LEERSTOF

**1** Beantwoord de volgende vragen.

**a** Welke vier soorten spanningsbronnen worden in deze paragraaf genoemd?
**b** Hoe kun je de spanning uitrekenen van vier in serie geschakelde batterijen?
**c** Waarom moeten apparaten die op 230 V werken, goed geïsoleerd worden?
**d** Wat heb je nodig om de netspanning om te zetten in een lagere spanning?

**2**

**a** Waarom is een condensator niet geschikt als spanningsbron in een zaklamp?
**b** Als je batterijen in serie schakelt, mag je hun *spanningen* / *stroomsterktes* bij elkaar optellen.

**3** Vul in.

**a** Met een ........................................ kun je meten hoeveel spanning een spanningsbron levert.

**b** De grootte van de spanning wordt gemeten in ...................., afgekort met de letter .....................

**c** In Nederland is de ........................................ (de spanning die op de stopcontacten staat) 230 V.

**d** Een bruikbare vuistregel is dat spanningen tot .................... V geen risico opleveren.

## TOEPASSING

**4** In figuur 7 zie je drie foto's van een spanningsmeter. Bekijk in elke foto goed voor welk meetbereik gekozen is (je ziet dit aan het rode snoer).
Lees de spanningen af die de meters aangeven.
Zie de vaardigheid *Werken met een spanningsmeter*.

spanningsmeter a: ...................... V

spanningsmeter b: ...................... V

spanningsmeter c: ...................... V

**Meer oefening nodig met het aflezen van spanningsmeters?**
**Ga naar de *Vaardigheidstrainer* in paragraaf 2 Spanningsbronnen.**

**figuur 7** Welke spanning geven de drie spanningsmeters aan?




spanningsmeter a



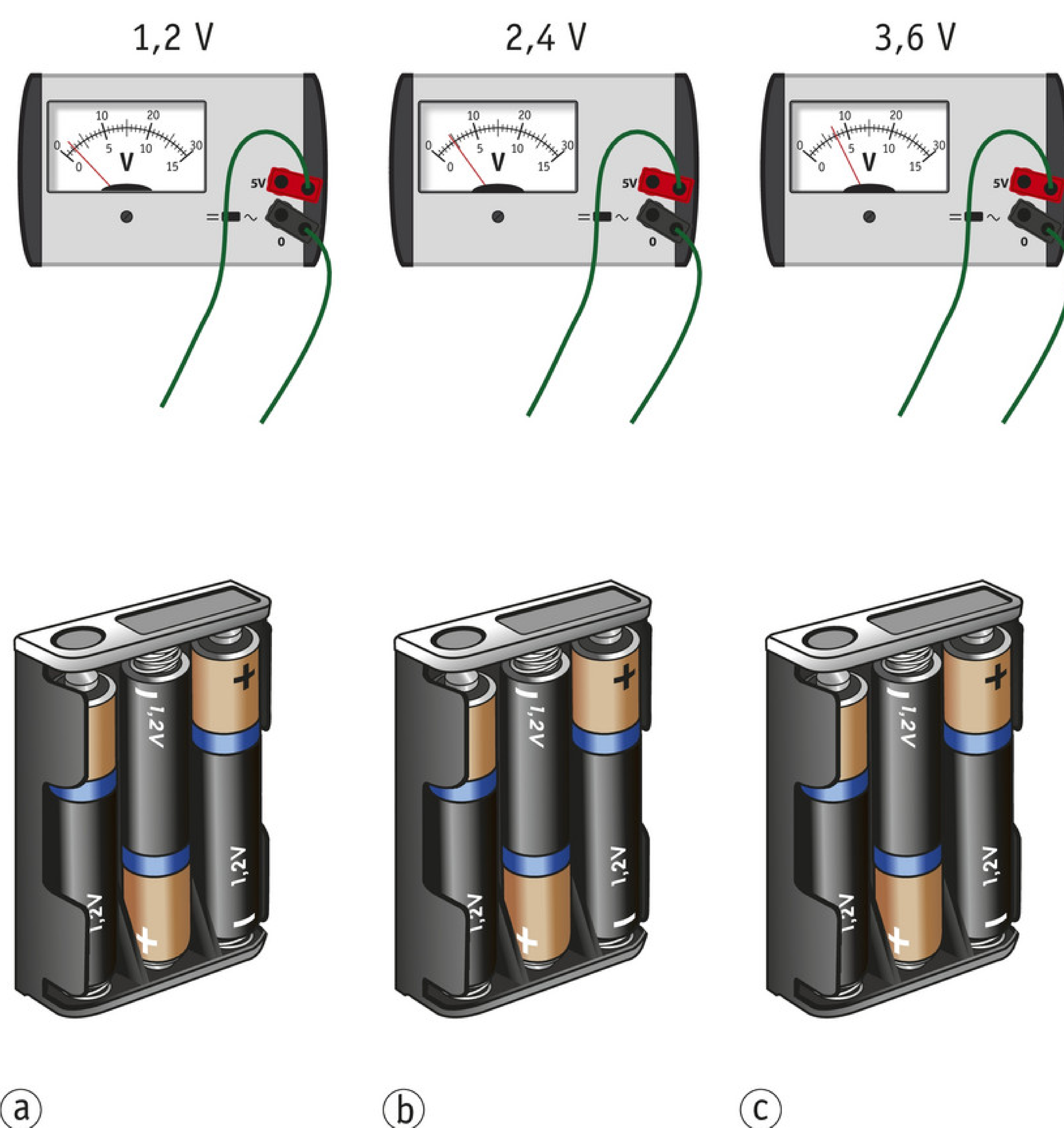

spanningsmeter b




spanningsmeter c

**5** In figuur 8 zijn drie spanningsmeters en batterijen afgebeeld. In de batterijhouder zijn de batterijen in serie aangesloten.

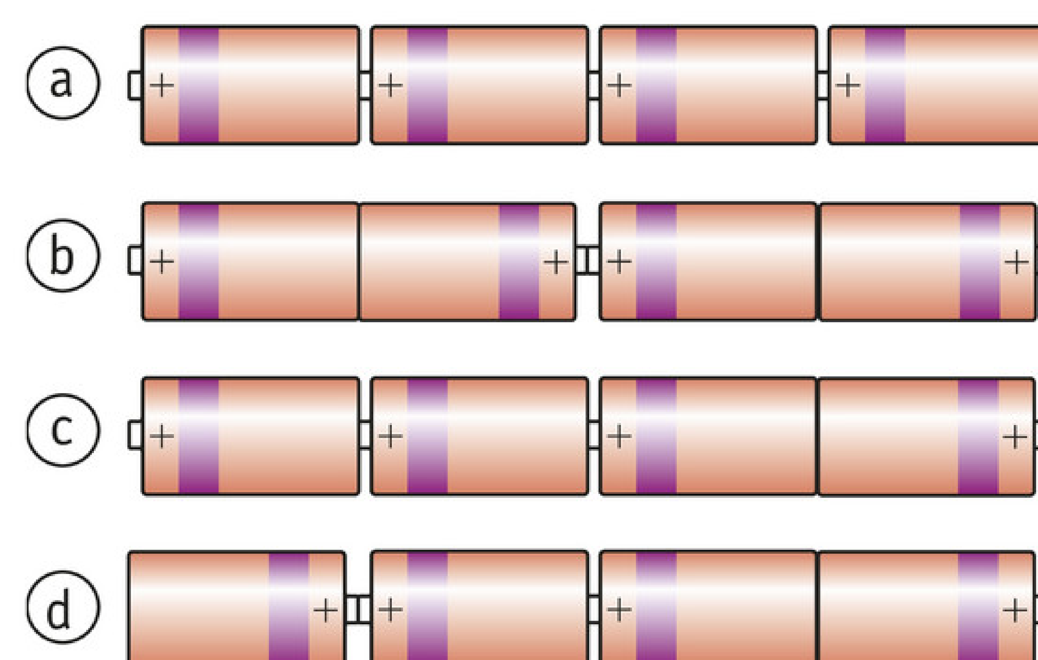
**a** Teken bij a hoe je de spanningsmeter moet aansluiten om 1,2 V te meten.
**b** Teken bij b hoe je de spanningsmeter moet aansluiten om 2,4 V te meten.
**c** Teken bij c hoe je de spanningsmeter moet aansluiten om 3,6 V te meten.




**figuur 8** Drie verschillende spanningsmeters aansluiten.

**6** In figuur 9 worden batterijen van 1,5 V op verschillende manieren gecombineerd.
Welke spanning levert de combinatie van batterijen:

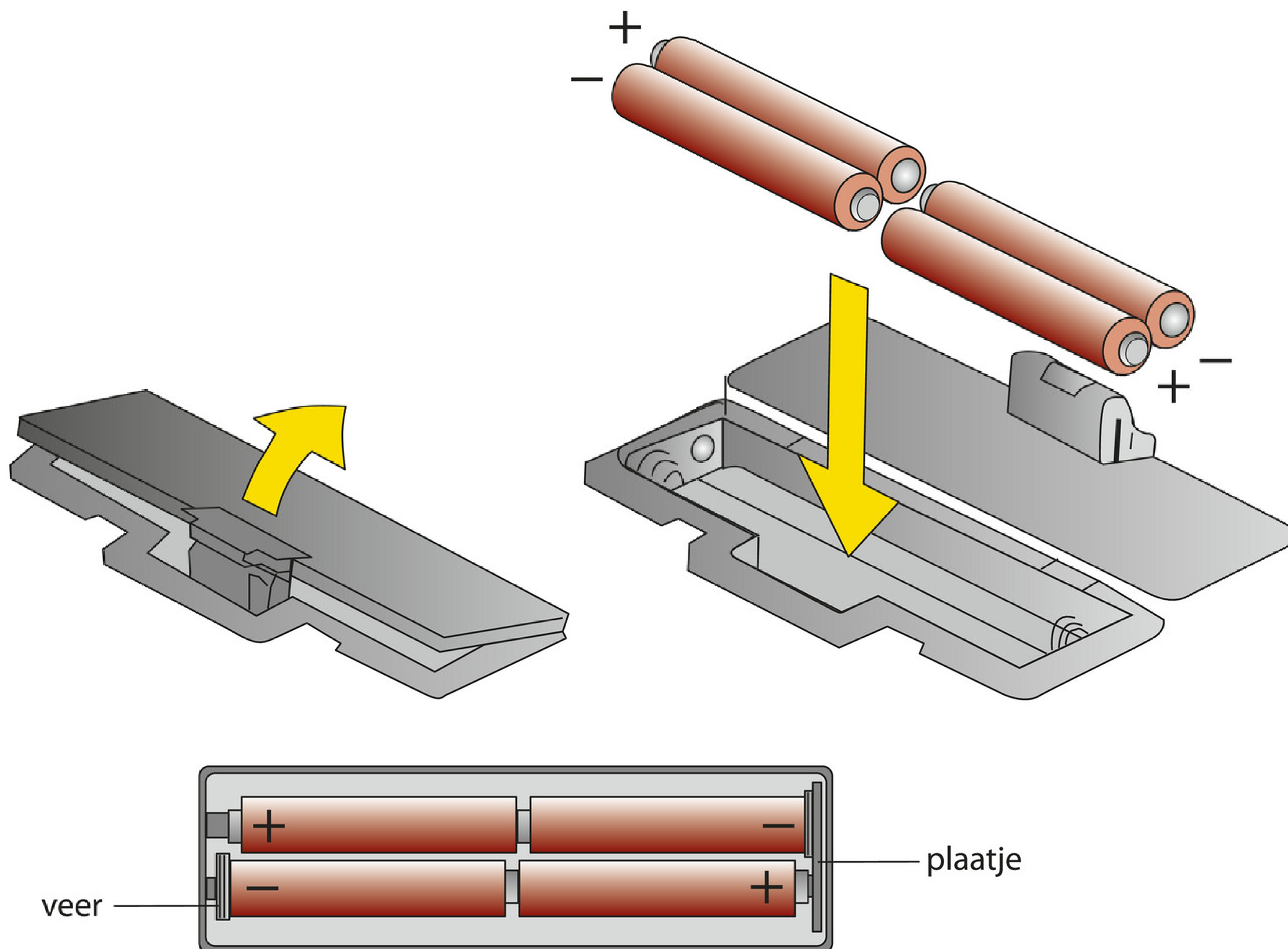
**a** in figuur a? ...................... V
**b** in figuur b? ...................... V
**c** in figuur c? ...................... V
**d** in figuur d? ...................... V




**figuur 9** Vier combinaties van batterijen.

**7** In figuur 10 zie je een plaatje uit de handleiding van een personenweegschaal. De weegschaal werkt op vier AA-batterijen van 1,5 V.

**a** Waarom is het plaatje aan de rechterkant van de batterijen van een geleidend materiaal gemaakt?
**b** Is de veer links ook van een geleidend materiaal gemaakt? Licht je antwoord toe.
**c** Hoe zijn de batterijen geschakeld, als je ze goed aansluit?
**d** Hoe groot is de spanning die de vier batterijen dan samen leveren?




**figuur 10** Zo moeten de batterijen in de weegschaal gedaan worden.

★ **8** Om weilanden af te zetten wordt vaak schrikdraad gebruikt waarop een spanning van 10 000 V staat. In figuur 11 staat een schematische tekening van een schrikdraadinstallatie. Runderen raken vrij snel gewend aan schrikdraad en leren dat ze de draad moeten mijden. Bij paarden duurt het veel langer voor ze aan het schrikdraad gewend zijn.

**a** Een schrikdraadinstallatie is een voorbeeld van een stroomkring. Benoem de verschillende onderdelen van de stroomkring.

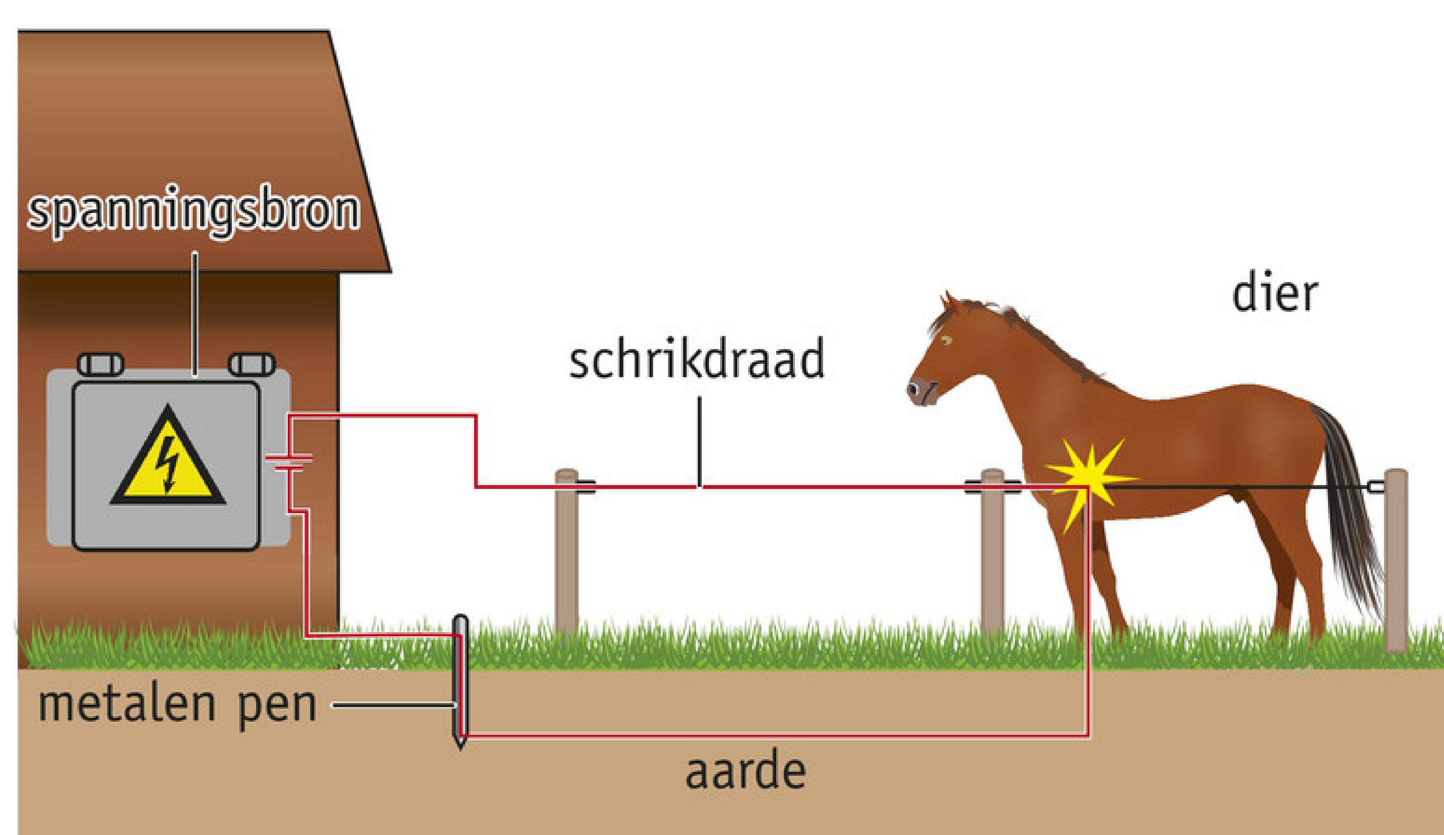
**b** De spanningsbron zet de schrikdraden met korte pulsen onder spanning. Wat gebeurt er als een dier het schrikdraad aanraakt?

De stroomkring is dan *open* / *gesloten*. Het dier krijgt daardoor een ........................................... .

**c** In de hoogspanningsbron zit onder andere een accu die een spanning van 12 V levert. Welk ander elektronisch onderdeel zit er, naast de accu, zeker in de hoogspanningsbron?

**d** In de accu zitten zes gelijke batterijen die in serie zijn geschakeld. Bereken de spanning van één batterij.

**e** Het is belangrijk dat er geen hoog gras of struiken onder het schrikdraad groeit. Leg uit waarom dit belangrijk is.




**figuur 11** Een schrikdraadinstallatie.

 **Test je kennis met de *Test jezelf*.**

## EXTRA BATTERIJEN EN HET MILIEU

**9** Soms zegt iemand: "Deze batterij is leeg." Maar een lege batterij weegt evenveel als een volle.
Wat wordt er dan bedoeld met 'vol' en 'leeg' als het over batterijen gaat?

**10** Herbruikbare batterijen zijn duurder dan niet-herbruikbare batterijen.

**a** Leg uit waarom herbruikbare batterijen toch beter zijn voor je portemonnee.

**b** Leg uit waarom herbruikbare batterijen ook minder slecht zijn voor het milieu.

**c** Niet-herbruikbare batterijen zijn slecht voor het milieu, maar herbruikbare batterijen ook.
Waarom zijn ook herbruikbare batterijen slecht voor het milieu?

**11** Lees de tekst in figuur 12.

**a** Ook als je de batterijen uit de kaart hebt verwijderd, is het vaak niet verstandig om de kaart bij het oud papier te gooien. Leg uit waarom dit zo is.

**b** Bij welk soort afval moet je de batterijtjes uit de wenskaart doen?

**c** Noem drie waardevolle metalen die uit batterijen kunnen worden teruggewonnen.

**d** Hoe noem je het terugwinnen van grondstoffen uit gebruikte batterijen?

### Batterijen in wenskaarten: laat ze niet ontsnappen




*Happy birthday to you!*, *Jingle bells, jingle all the way!*: twee bekende muziekjes die uit wenskaarten kunnen schallen wanneer je ze opendoet. Een tophit in de verkoop: elk jaar gaan daarvan enkele miljoenen over de toonbank. Niet alleen in de vorm van kaarten, maar ook als kleine wensdoosjes. Na verloop van tijd verdwijnen ze in de berg oudpapier.

Naar: www.bebat.be

**figuur 12** Een muzikale wenskaart.

# 3 Schakelingen

## LEERDOELEN

4.3.1 Je kunt de symbolen benoemen die je gebruikt om een schakelschema te maken.
4.3.2 Je kunt het verschil uitleggen tussen een serie- en parallelschakeling.
4.3.3 Je kunt het schakelschema tekenen van eenvoudige serie- en parallelschakelingen.
4.3.4 Je kunt uitleggen waarom elektrische apparaten bijna altijd parallel geschakeld worden.
4.3.5 Je kunt de grootte van de stroomsterkte beredeneren in een schakeling.
EXTRA 4.3.6 Je kunt een gemengde schakeling beschrijven.

| TAXONOMIE | LEERDOELEN EN OPDRACHTEN | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4.3.1 | 4.3.2 | 4.3.3 | 4.3.4 | 4.3.5 | 4.3.6 | 4.2.5* |
| Onthouden | 2abcd | 1ab | | 1c | 1d | | |
| Begrijpen | | 6, 8abc | | 5abc | 4ac | 10abcd, 11ab | 4b |
| Toepassen | | 7ab | 3 | | 9abcd | 10e, 11d | |
| Analyseren | | | | | | 11c | |

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

**Je kunt lampen, schakelaars, snoeren en spanningsbronnen op verschillende manieren met elkaar verbinden. Anders gezegd: je kunt er verschillende schakelingen mee maken. In zo'n schakeling kun je altijd één of meer stroomkringen aanwijzen.**

## SCHAKELINGEN TEKENEN

PROEF 3+4 Als je iemand wilt uitleggen hoe een bepaalde schakeling in elkaar zit, kun je het best een tekening gebruiken. Er zijn speciale symbolen bedacht om overzichtelijke tekeningen van schakelingen te kunnen maken (figuur 1). Zo'n tekening noem je een **schakelschema**.

| component | symbool | component | symbool | component | symbool |
|---|---|---|---|---|---|
| snoer | | lampje | | stroommeter | |
| batterij | | schakelaar | open<br>dicht | bel | |
| gelijk-spanning | | spannings-meter | | motor | |
| wissel-spanning | | stopcontact | | led | |

**figuur 1** Symbolen voor schakelschema's.

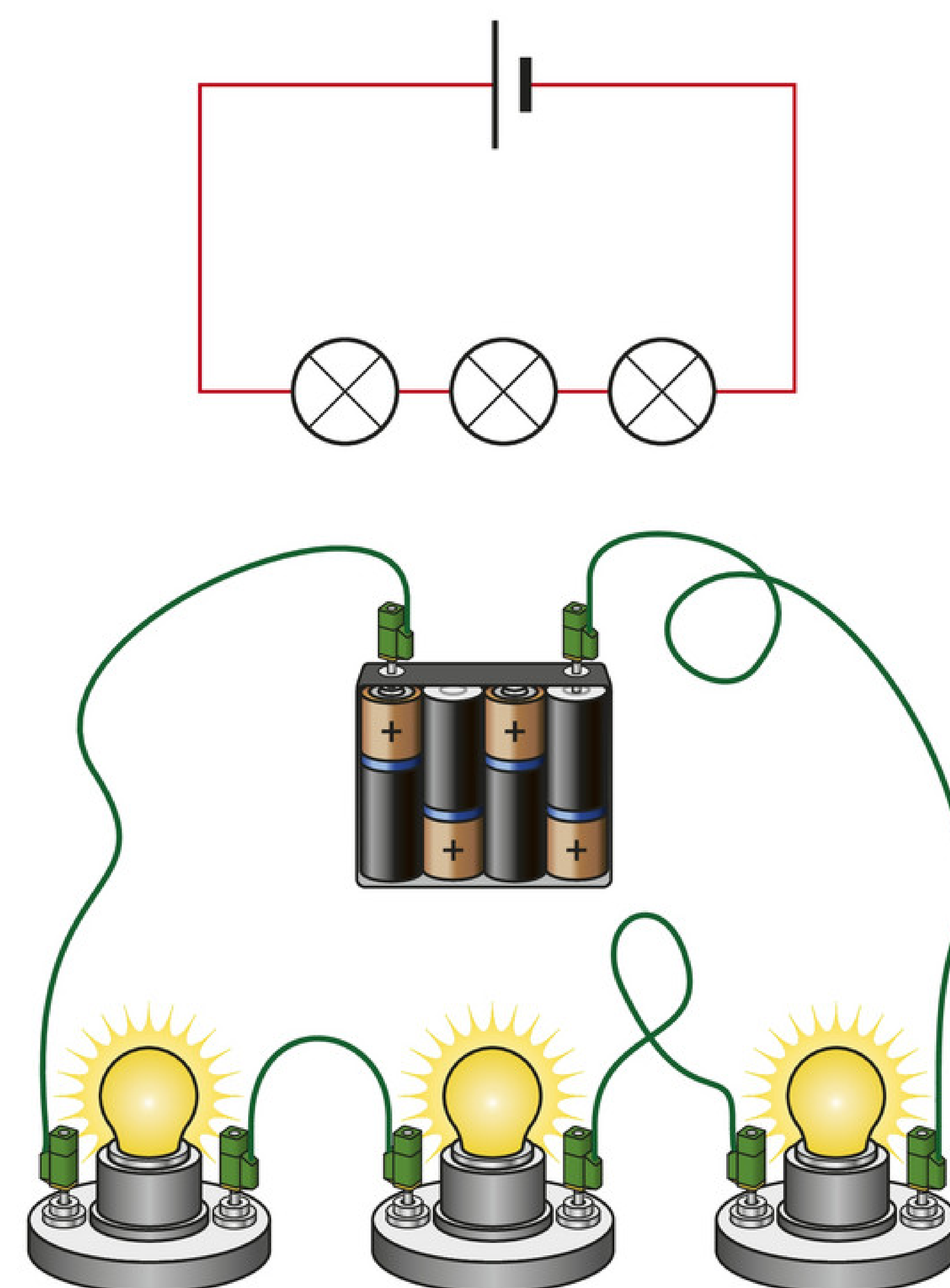
Schakelschema's zijn onmisbaar bij proeven met elektriciteit. Het schema vertelt je welke onderdelen je nodig hebt en hoe je die met elkaar verbindt. Bij veel proeven staat er een schakelschema in het boek. Soms moet je zelf een schakelschema tekenen. Nadat je alle onderdelen hebt verzameld, bouw je de schakeling aan de hand van het schema.

Schakelschema's worden ook gebruikt bij het ontwikkelen van elektrische en elektronische apparaten. Eerst maakt het ontwerpteam een schakelschema waarop alle onderdelen en hun verbindingen schematisch zijn weergegeven. Als dat schema is goedgekeurd, bedenkt het team hoe de schakeling het best (en het goedkoopst) in elkaar gezet kan worden.

## SERIESCHAKELINGEN

PROEF 5+6

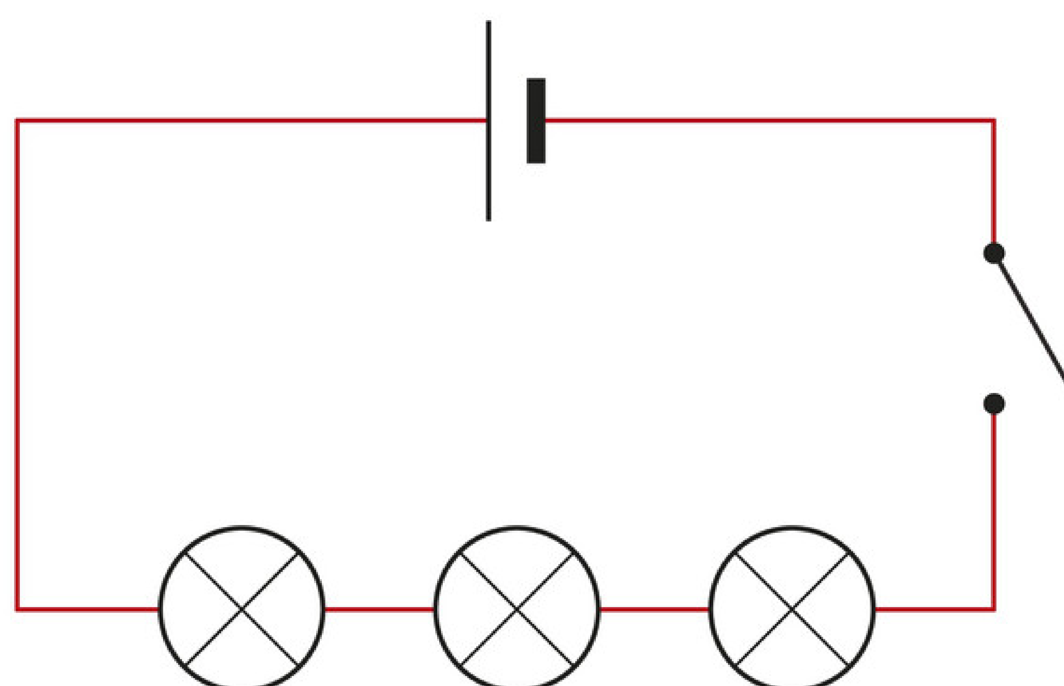
In figuur 2 zie je een **serieschakeling** met drie lampjes. Een serieschakeling heeft geen vertakkingen: er is maar één stroomkring. Als er één lampje stukgaat, is de stroomkring verbroken: alle lampjes gaan dan uit. Het is daarom niet praktisch om lampen in serie te schakelen. Je wilt dat de andere lampen blijven werken als er één lamp kapotgaat.



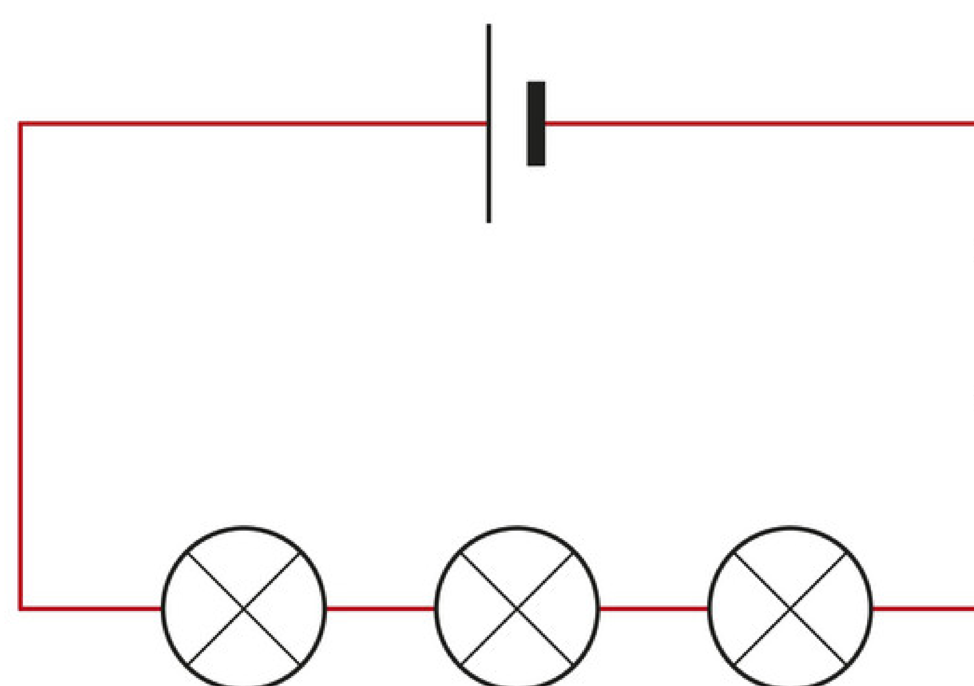
**figuur 2** Een serieschakeling van drie lampjes.

Je schakelt een schakelaar juist wel in serie met het apparaat dat aan- of uitgezet moet worden. Met een lichtschakelaar doe je een lamp aan of uit. Als je de schakelaar op UIT zet, open je de stroomkring en gaat de lamp uit. Als je de schakelaar op AAN zet, sluit je de stroomkring en gaat de lamp weer aan.

- In een open stroomkring staat de schakelaar open en is de lamp uit (figuur 3).
- In een gesloten stroomkring staat de schakelaar dicht en is de lamp aan (figuur 4).



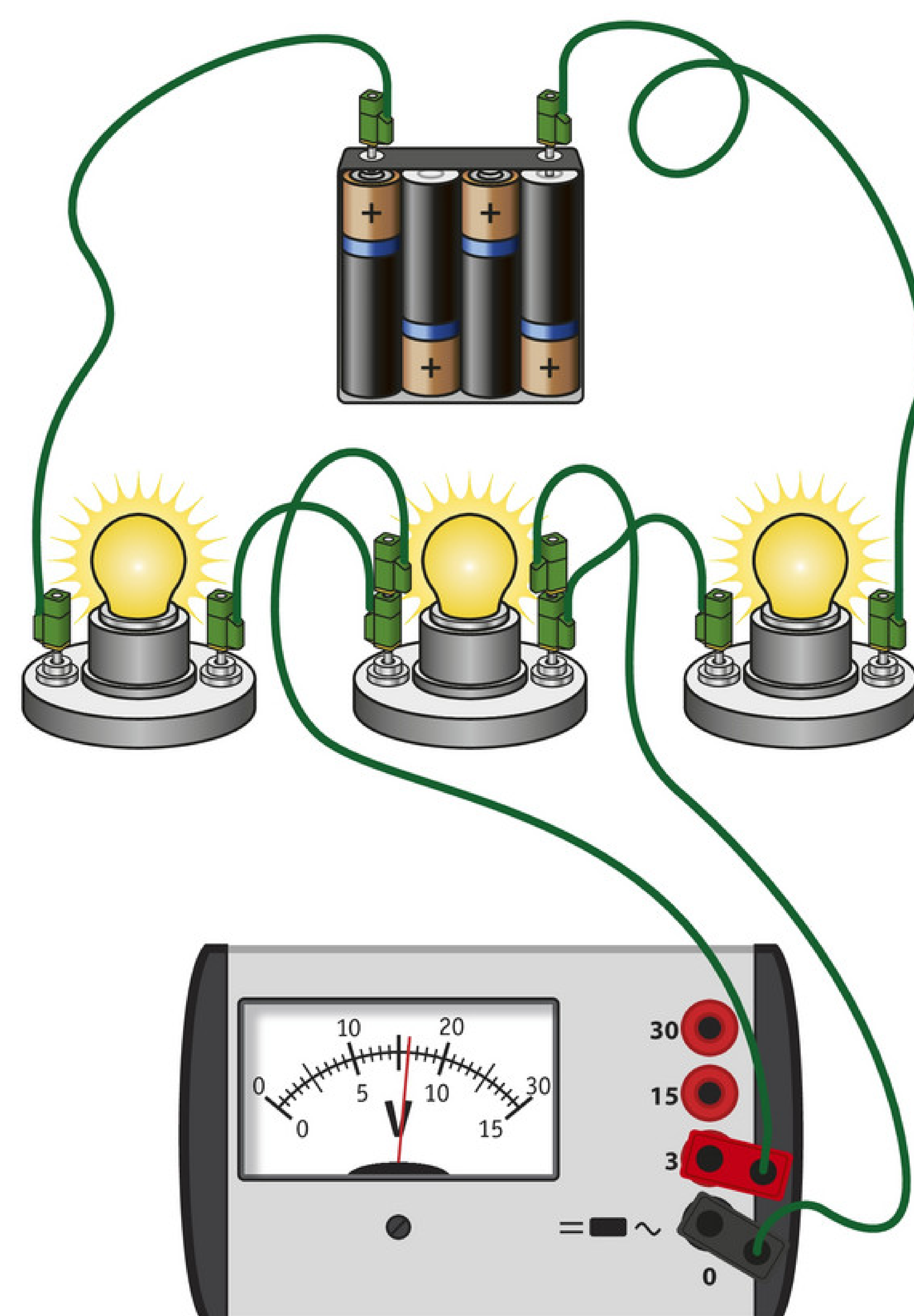
**figuur 3** Een open stroomkring: de lampjes zijn uit.



**figuur 4** Een gesloten stroomkring: de lampjes zijn aan.

De stroomsterkte in een serieschakeling is overal even groot. Het maakt niet uit waar je de stroomsterkte meet: tussen de batterij en het eerste lampje, tussen het eerste en het tweede lampje, tussen het tweede en het derde lampje of tussen het derde lampje en de batterij. De lading die een lampje instroomt, stroomt er ook weer uit. Je krijgt steeds dezelfde meetwaarde.

De spanning die de batterij levert, wordt over de drie lampjes verdeeld. Als je drie dezelfde lampjes hebt gebruikt, krijgt elk lampje een derde van de **bronspanning** (de spanning van de batterij). Dat kun je nagaan door de spanning over één lampje te meten, zoals in figuur 5 is getekend.




**figuur 5** De spanning over één lampje meten.

## PARALLELSCHAKELINGEN

PROEF 7

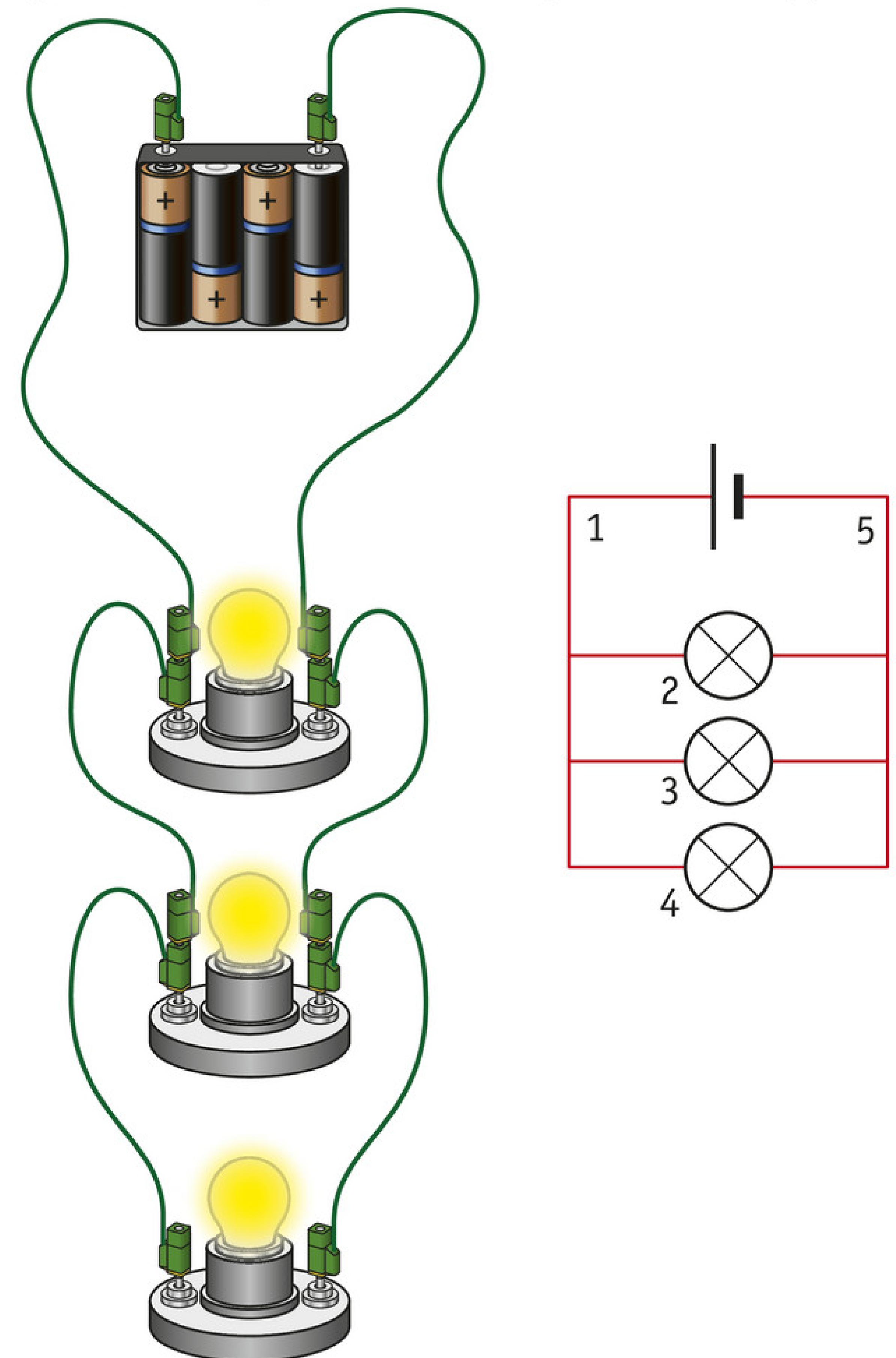
Elektrische apparaten worden bijna altijd parallel geschakeld. Dat heeft drie voordelen:

1 Je kunt elk apparaat met een eigen schakelaar aan- en uitdoen.
2 Als één apparaat kapotgaat, kunnen de andere blijven werken.
3 Elk apparaat krijgt de volledige spanning van de spanningsbron.

In figuur 6 zie je een **parallelschakeling** van drie identieke lampjes. De schakeling vertakt zich in drieën. Elk lampje is rechtstreeks aangesloten op de bronspanning. De parallelschakeling bestaat dus uit drie stroomkringen. Deze stroomkringen kunnen elk apart geopend en gesloten worden als je in elke vertakking een schakelaar toevoegt.

Op de plaats waar een parallelschakeling zich vertakt, splitst de stroom zich. In figuur 6 splitst de stroom zich in drieën. De stroomsterkte in de onvertakte gedeelten (bij 1 en 5) wordt de totale stroomsterkte genoemd. De stroomsterkte in de takken (bij 2, 3 en 4) is steeds een derde van de **totale stroomsterkte**. In een parallelschakeling is de stroomsterkte dus niet overal even groot, zoals in een serieschakeling.

**figuur 6** Een parallelschakeling van drie lampjes.





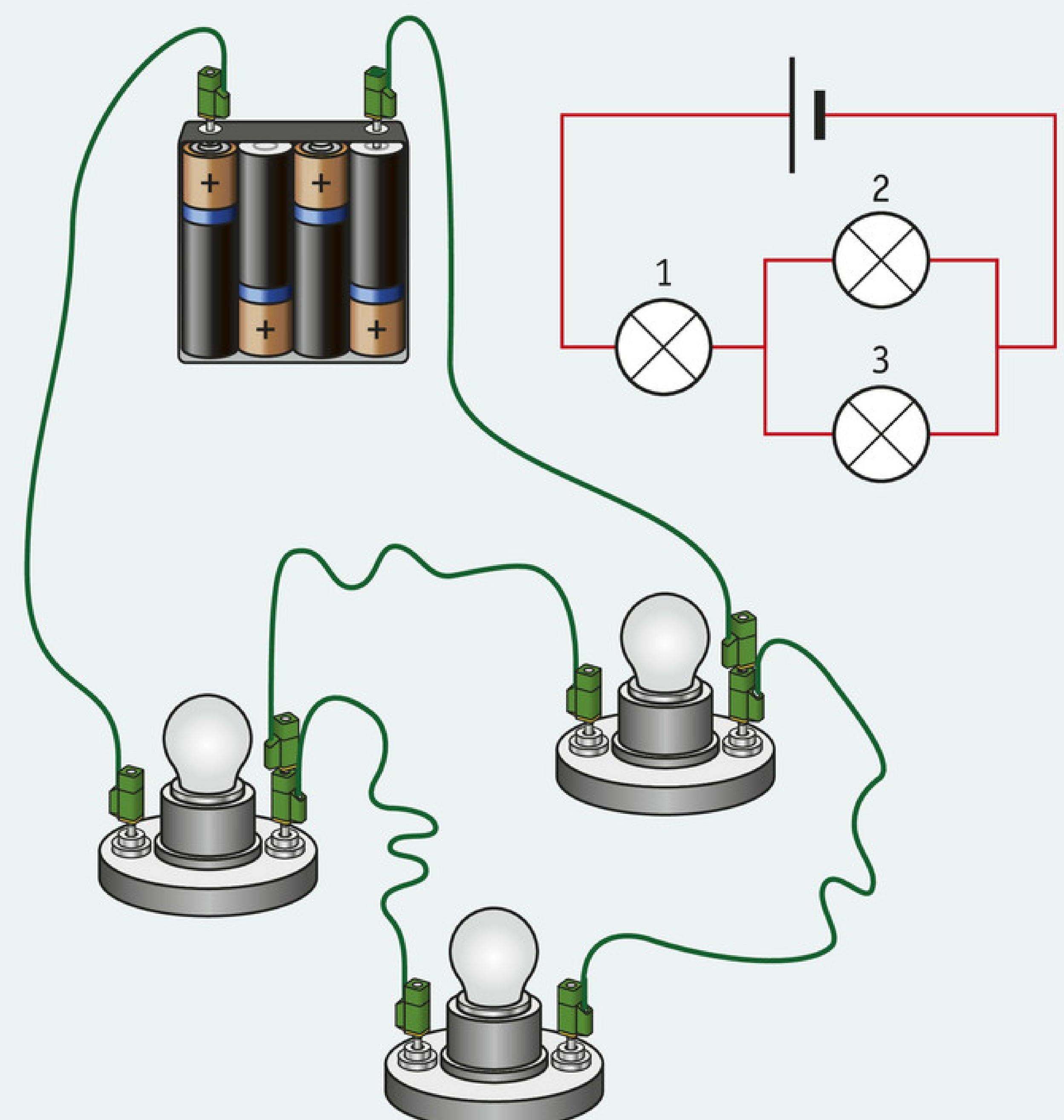
**Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

## EXTRA GEMENGDE SCHAKELINGEN

PROEF 8

In een gemengde schakeling zijn sommige onderdelen in serie geschakeld en andere parallel. In figuur 7 zie je een voorbeeld van zo'n gemengde schakeling: de lampjes 2 en 3 zijn parallel aan elkaar geschakeld, maar staan in serie met lampje 1.

Een gemengde schakeling gedraagt zich anders dan een serieschakeling of een parallelschakeling. Als je lampje 1 losdraait, gaan de lampjes 2 en 3 ook uit. Je hebt dan geen gesloten stroomkring meer. Maar als je lampje 2 losdraait, blijven de lampjes 1 en 3 gewoon branden. Dat komt doordat er dan nog steeds een gesloten stroomkring is.




**figuur 7** Een gemengde schakeling van drie lampjes.

Vaak kun je beredeneren hoe groot de stroomsterkte is op verschillende plaatsen in een gemengde schakeling. Lampje 1 brandt bijvoorbeeld feller dan lampje 2 en 3. Ga maar na: alle stroom die door lampje 2 en door lampje 3 gaat, moet ook door lampje 1 gaan. Door lampje 1 loopt dus evenveel stroom als door lampje 2 en 3 samen.

## LEERSTOF

**1** Beantwoord de volgende vragen.

**a** Hoe moet je lampen schakelen om ze apart aan en uit te kunnen zetten?
*in serie / parallel*

**b** In welk soort schakeling is de stroomsterkte op alle plaatsen even groot?
in een *serieschakeling / parallelschakeling*

**c** Waarom worden elektrische apparaten bijna altijd parallel geschakeld?

**d** Wat wordt bedoeld met de totale stroomsterkte in een parallelschakeling?

**2** Teken de schakelsymbolen van de volgende onderdelen.

**a** een lampje

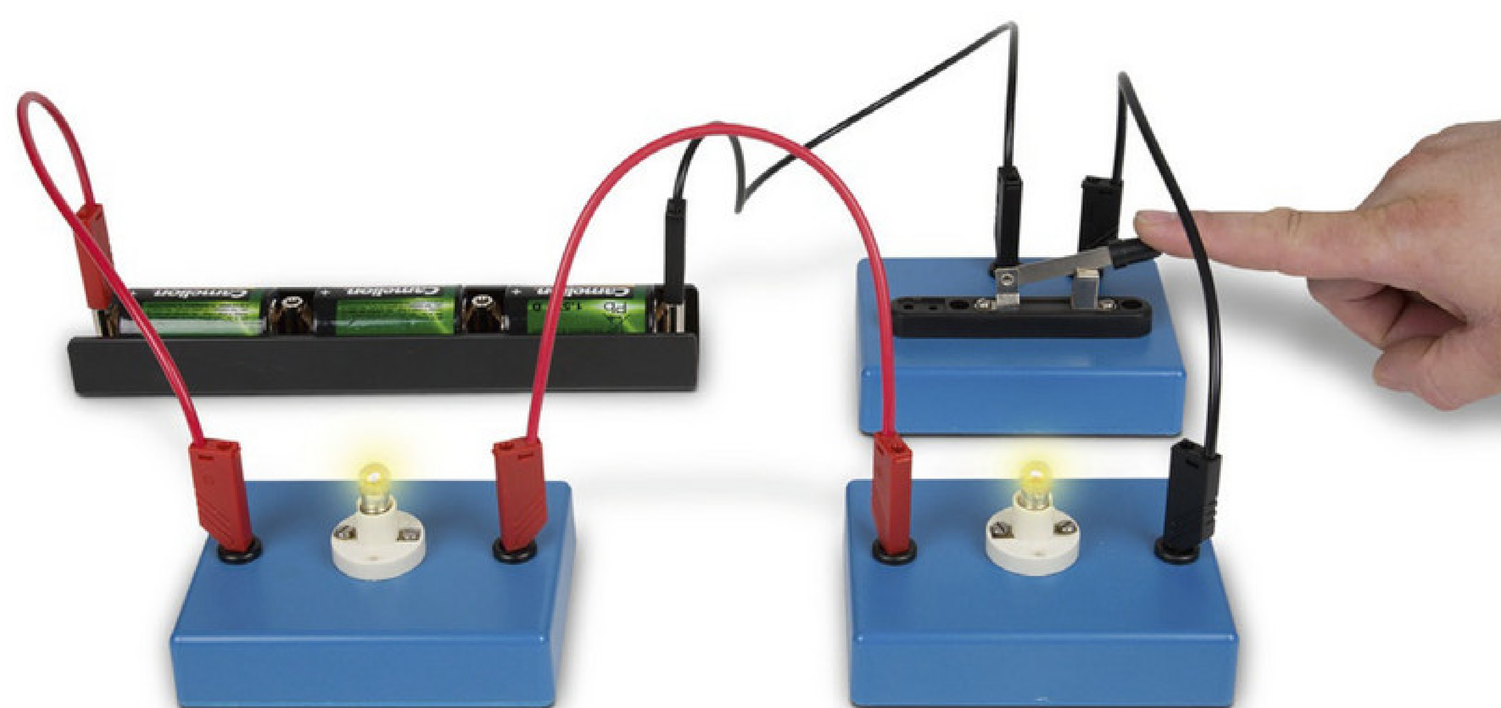
**b** een schakelaar

**c** een bel

**d** een spanningsmeter

## TOEPASSING

**3** In figuur 8 zie je een foto van een schakeling.
Teken het schakelschema van deze schakeling.



**figuur 8** Een schakeling.

**4** Dilano schakelt drie identieke lampjes in serie. Hij sluit de lampjes daarna aan op een batterij van 9 V.

**a** Beredeneer hoe groot de spanning is die elk lampje dan krijgt.

**b** Dilano ziet dat de lampjes maar flauw branden. Zijn docent zegt dat de lampjes beter zullen branden als Dilano de bronspanning verhoogt tot 18 V. “Pak maar een tweede batterij,” zegt hij, “daarmee lukt het wel.”
Leg uit hoe Dilano de twee batterijen dan moet schakelen.

**c** Op welke spanning brandt elk lampje als de bronspanning 18 V is?

**5** In een huiskamer branden twee staande lampen en een bureaulamp, die alle drie zijn aangesloten op een stopcontact. Eén van de staande lampen gaat kapot.

**a** Blijft de andere staande lamp branden? *ja / nee*

**b** Blijft de bureaulamp branden? *ja / nee*

**c** Hoe zijn de stopcontacten in huis dus geschakeld? *in serie / parallel*

**6** Een auto heeft knipperlichten, remlichten, koplampen, achterlichten enzovoort. Hoe zijn deze lampen geschakeld: in serie of parallel? Licht je antwoord toe.

**7** Amanda heeft een schakeling gemaakt waarin twee lampjes parallel zijn aangesloten op een batterij.

**a** Teken het schakelschema van deze schakeling. Nummer de lampjes met 1 en 2.

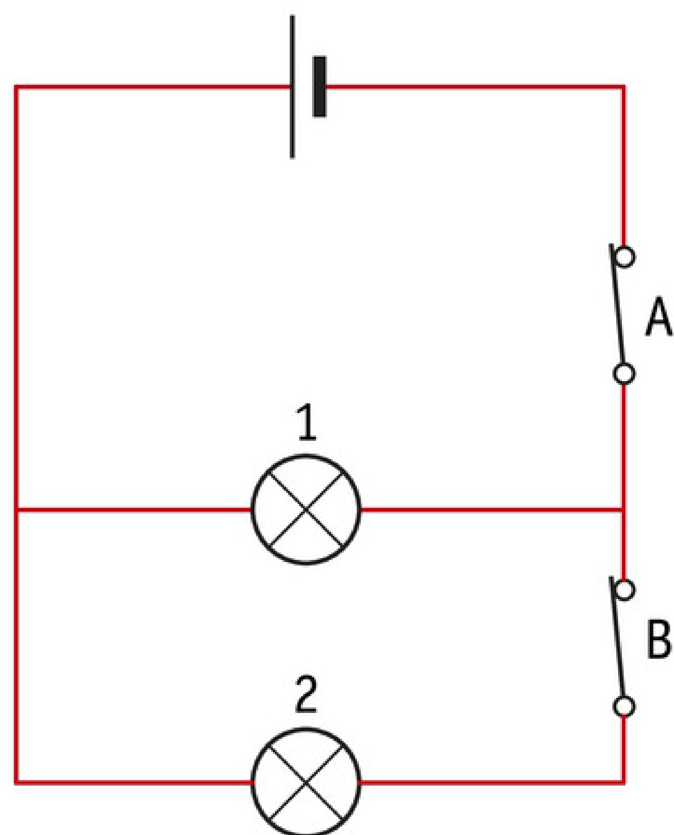
**b** Amanda wil een schakelaar toevoegen, waarmee ze lamp 2 aan en uit kan doen, terwijl lamp 1 blijft branden.
Teken deze schakelaar op de juiste plaats in het schakelschema.

**8** Bekijk de schakeling in figuur 9.
Noteer welke lampjes branden:

**a** als schakelaar A open is en schakelaar B dicht.

**b** als schakelaar B open is en schakelaar A dicht.

**c** als de twee schakelaars allebei dicht zijn.




**figuur 9** Een schakeling.

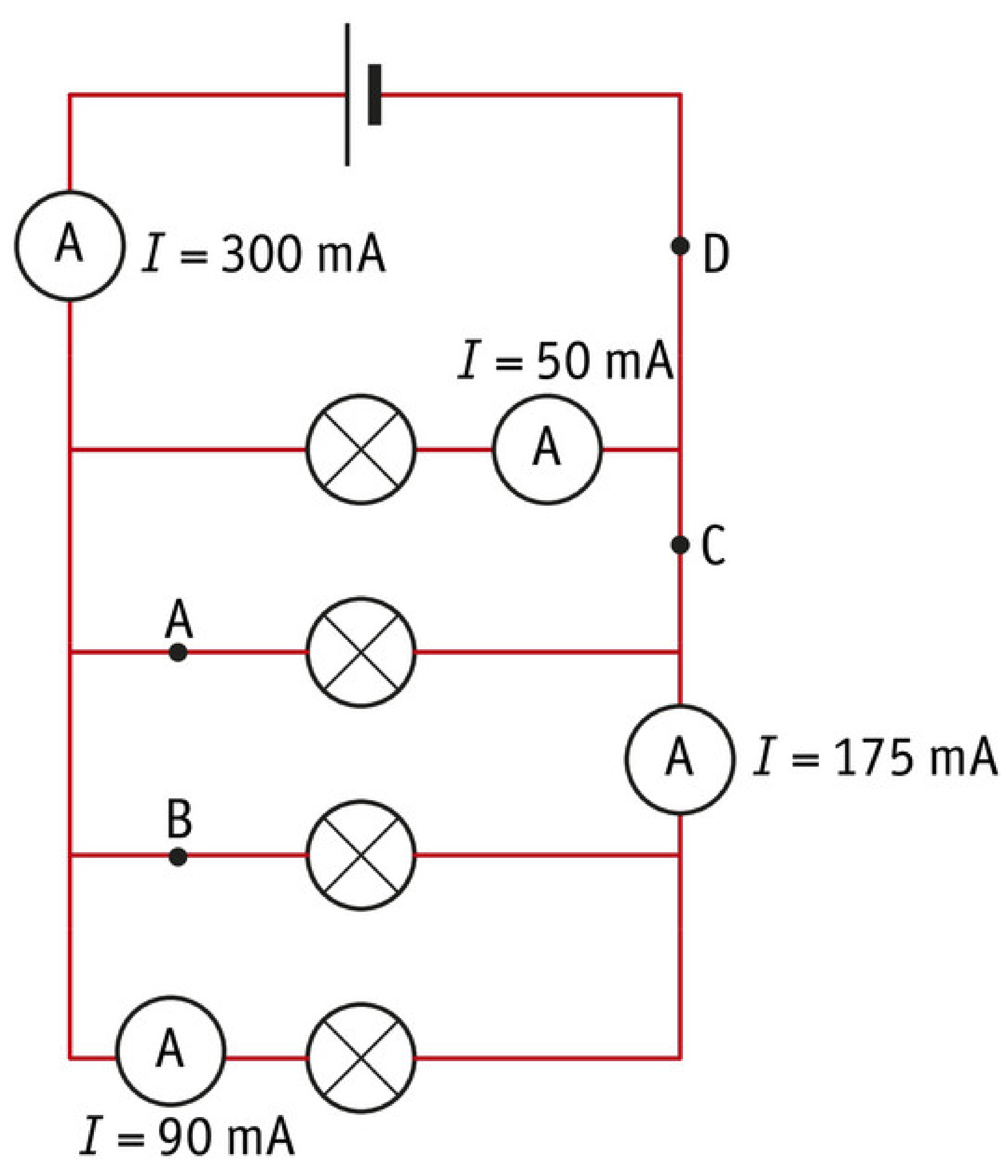
**★ 9** Arno heeft de schakeling van figuur 10 met vier verschillende lampjes gemaakt. Hij heeft op vier punten de stroomsterkte $I$ gemeten.
Beredeneer hoe groot de stroomsterkte is:

**a** in punt A.

**b** in punt B.

**c** in punt C.

**d** in punt D.




**figuur 10** De schakeling van Arno.

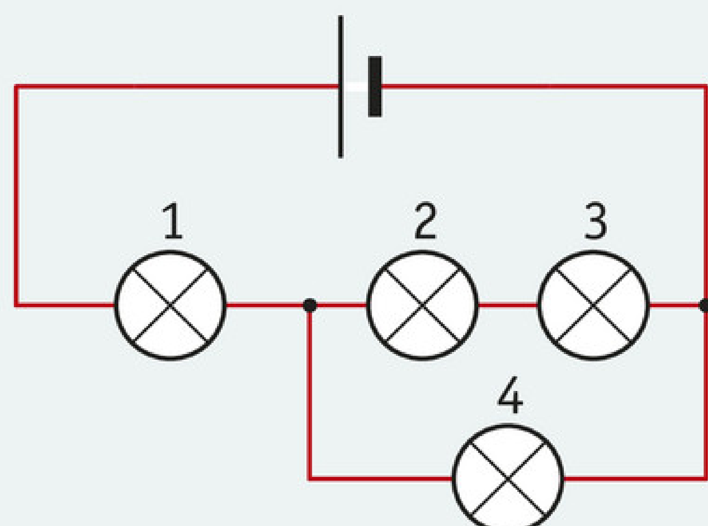


Test je kennis met de *Test jezelf*.

## EXTRA GEMENGDE SCHAKELINGEN

**10** Bekijk de schakeling in figuur 11. Alle lampjes zijn identiek.

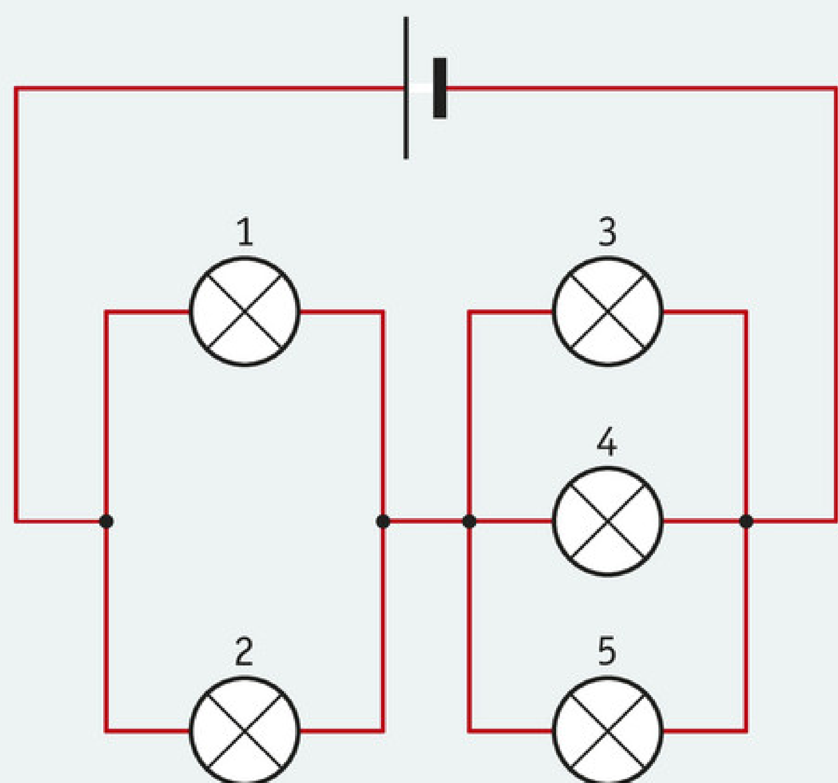
**a** Welke lampjes gaan uit als je lampje 1 losdraait?
**b** Welke lampjes gaan uit als je lampje 2 losdraait?
**c** Welke lampjes gaan uit als je lampje 3 losdraait?
**d** Welke lampjes gaan uit als je lampje 4 losdraait?
**e** Waarom brandt lampje 1 het felst?




**figuur 11** Een schakeling met vier lampjes.

**11** Bekijk de schakeling in figuur 12. Alle lampjes zijn identiek.

**a** Welke lampjes zijn parallel geschakeld?
**b** Waarom branden de lampjes 1 en 2 feller dan de lampjes 3, 4 en 5?
**c** Waarom gaan alle lampjes even fel branden als je lampje 3 losdraait?
**d** Gegeven is dat de batterij een stroom van 0,30 A levert.
Hoe groot is dan de stroom door de vijf afzonderlijke lampjes?




**figuur 12** Een schakeling met vijf gelijke lampjes.

# 4 Vermogen en energie

**LEERDOELEN**

4.4.1 Je kunt uitleggen wat het vermogen van een apparaat is.
4.4.2 Je kunt het vermogen van een apparaat berekenen.
4.4.3 Je kunt uitleggen waarom een apparaat met een groter vermogen meer elektrische energie verbruikt.
EXTRA 4.4.4 Je kunt twee manieren beschrijven waarmee je kunt meten hoe leeg of vol een batterij is.

| TAXONOMIE | LEERDOELEN EN OPDRACHTEN | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4.4.1 | 4.4.2 | 4.4.3 | 4.4.4 | 4.3.5* | 4.2.1* |
| Onthouden | 1acd | 1b, 2 | | | | |
| Begrijpen | 3, 7c, 8abcde, 9ab | 4a | | 11b | | 7c |
| Toepassen | 10b | 4b, 6ab, 7b | 5abc | 10ab, 11a | 7a | |
| Analyseren | | | | 11c | | |

* Dit leerdoel vind je in een eerdere paragraaf.

**Je hebt niet zoveel aan een mobiele telefoon als je hem steeds aan de lader moet leggen. Daarom is het belangrijk dat een telefoon zo efficiënt mogelijk omgaat met de beschikbare elektrische energie. Hoe zuiniger het apparaat daarmee is, des te langer duurt het voordat de batterij weer opgeladen moet worden.**

## HET VERMOGEN VAN EEN APPARAAT

Een laptop verbruikt in dezelfde tijd meer elektrische energie dan een tablet. Je zegt dat een laptop vergeleken met een tablet een groter vermogen heeft. Het **vermogen** geeft aan hoeveel elektrische energie een apparaat per seconde verbruikt. Hoe groter het vermogen, hoe meer elektrische energie het apparaat in één seconde ‘opslurpt’.

Bij veel apparaten staat het vermogen vermeld op de verpakking. Dat geldt bijvoorbeeld voor de lamp in figuur 1. Het vermogen wordt meestal opgegeven in watt (W), soms ook in milliwatt (mW) en in kilowatt (kW). Als het vermogen niet altijd even groot is, wordt de maximale waarde opgegeven.

Het vermogen van sommige apparaten is heel veranderlijk. Bij een mobiele telefoon stijgt het vermogen bijvoorbeeld sterk als je belt of gebruikmaakt van internet. Als de telefoon op stand-by staat, is het vermogen juist heel klein. Er zijn ook apparaten die wel een constant vermogen hebben, zoals een zaklantaarn of een elektrische klok.




**figuur 1** Op verpakkingen van lampen wordt altijd het vermogen vermeld.

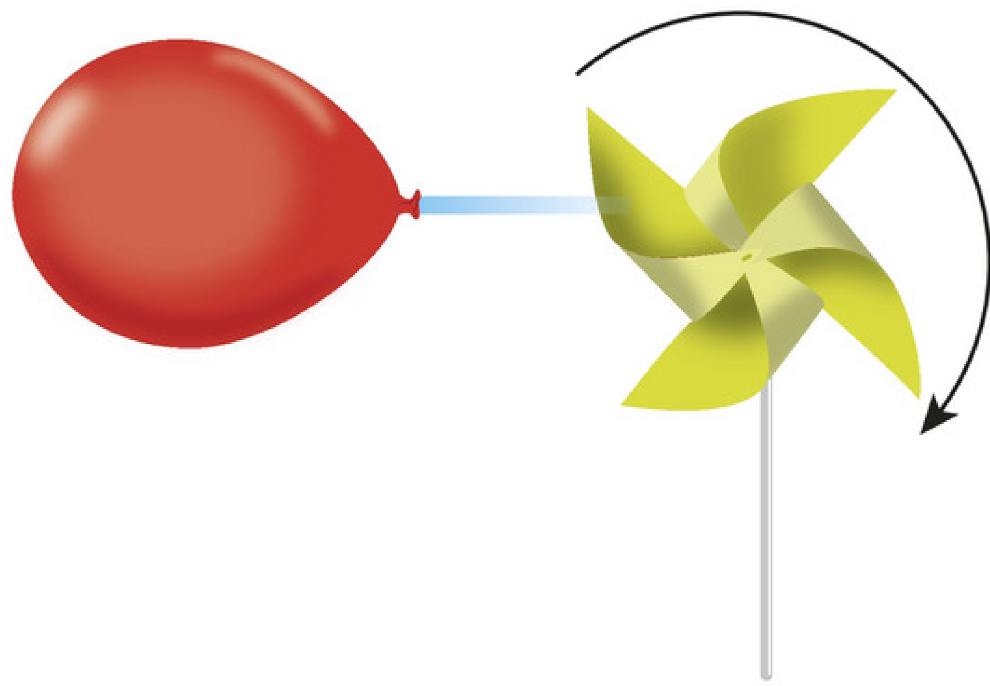
## SPANNING EN STROOMSTERKTE

Het vermogen van een apparaat hangt af van twee factoren:

1 de spanning waarop het apparaat werkt;
2 de stroomsterkte die door het apparaat loopt.

Om te begrijpen hoe dat werkt, is het handig om weer een vergelijking te maken met stromende lucht.

Je kunt de energie in stromende lucht gebruiken om een windmolen te laten draaien. Er wordt dan vermogen overgebracht van de lucht op de wieken. In figuur 2 is dat schematisch getekend. Het molentje wordt door de luchtstroom uit de ballon in beweging gebracht.



**figuur 2** Een luchtstroom kan vermogen overbrengen.

Hoe snel een het molentje draait, hangt in de eerste plaats af van de stroomsterkte (de hoeveelheid lucht die per seconde de ballon uitstroomt). Als je het ventiel van de ballon verder opent, zodat er meer lucht uit de ballon stroomt, neemt de snelheid van het molentje meteen toe.

De snelheid waarmee het molentje gaat draaien, hangt ook af van de spanning (de druk op de lucht in de ballon). Die bepaalt met welke snelheid de lucht uit de ballon wordt geperst – en daardoor ook hoe snel het molentje gaat draaien.

Een stevig opgeblazen, kleine ballon kan het molentje even snel laten draaien als een half opgeblazen, grote ballon. Bij de kleine ballon is de stroomsterkte weliswaar kleiner, maar daar staat tegenover dat de spanning – en dus ook de snelheid van de uitstromende lucht – groter is.

## HET VERMOGEN BEREKENEN

Voor elektrische apparaten geldt hetzelfde als voor de ballon in figuur 2: de spanning en de stroomsterkte bepalen samen hoe groot het overgebrachte vermogen is. Je ziet dat terug in de formule waarmee het vermogen wordt berekend:

vermogen = spanning × stroomsterkte

Of in letters:

$$P = U \cdot I$$

Hierin is:

- *P* het vermogen in watt (W);
- *U* de spanning in volt (V);
- *I* de stroomsterkte in ampère (A).

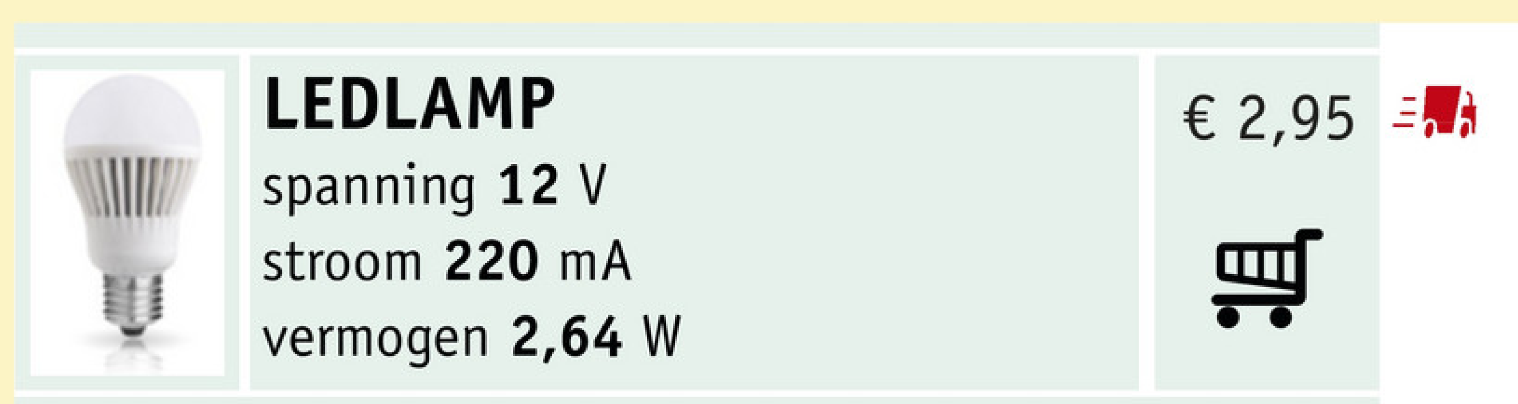
**VOORBEELDOPDRACHT 1**
Op een website kun je ledlampen kopen voor decoratief gebruik (figuur 3).
Controleer of het vermogen van de lamp in figuur 3 juist is berekend.

gegevens $U$ = 12 V
$I$ = 220 mA = 0,22 A

gevraagd $P$ = ?

uitwerking $P = U \cdot I$
= 12 × 0,22
= 2,64 W

Dit klopt met de waarde die op de website vermeld staat.




**figuur 3** Een aanbieding op een website.

## VERMOGEN, TIJD EN ENERGIEVERBRUIK

Een apparaat zoals een mobiele telefoon of een tablet, kan maar een beperkte tijd op zijn batterij werken. Hoe groter het vermogen van het apparaat, des te sneller zal de batterij leeg zijn. Er zijn daarom allerlei manieren bedacht om het vermogen van een apparaat laag te houden.

Het vermogen van een apparaat is de optelsom van de vermogens van de verschillende onderdelen. De ontwerpers van zo'n apparaat kiezen daarom onderdelen die zuinig zijn met energie. Als twee beeldschermen ongeveer dezelfde prestaties hebben, krijgt het beeldscherm met het laagste vermogen de voorkeur (figuur 4).



**figuur 4** Samen slokken al die beeldschermen toch heel wat energie op.

Ook de software helpt mee om het vermogen laag te houden. Als je een mobiele telefoon of een tablet even niet gebruikt, schakelt de software zoveel mogelijk onderdelen uit. Het beeldscherm gaat bijvoorbeeld al na enkele seconden op zwart. Hierdoor daalt het totale vermogen van het apparaat meteen.

Aan het verlagen van het vermogen zit een grens. Daarom wordt er ook veel onderzoek gedaan naar het vergroten van de opslagcapaciteit van batterijen en accu's. Als een batterij meer elektrische energie kan opslaan, kan een apparaat er – bij hetzelfde vermogen – langer op werken.

**Oefen de begrippen met de *Flitskaarten*.**

## EXTRA LEEG OF VOL

Als je mobiele telefoon bijna leeg is, geeft deze aan dat je hem moet opladen. Maar hoe 'weet' de batterijtester in je telefoon of de batterij leeg of vol is?

Er bestaan heel eenvoudige uitvoeringen van batterijtesters waarin gemeten wordt wat de spanning is die de batterij levert. Naarmate de batterij langer in gebruik is geweest, daalt de spanning, net zoals de spanning in de ballon daalt als je de lucht eruit laat lopen. Voor moderne batterijen (lithium-ion batterijen) die in je telefoon zitten, is deze methode te onnauwkeurig. De spanning die deze batterijen leveren blijft heel lang nagenoeg gelijk, tot de batterij bijna leeg is.

Daarom zit er in je telefoon meestal een speciale chip. Deze chip meet tijdens het opladen hoeveel lading er in de batterij stroomt, en tijdens het gebruik meet deze hoeveel lading er al uitgestroomd is (figuur 5). Zo 'weet' de chip precies hoeveel procent van de opgeslagen lading er al weggestroomd is.




**figuur 5** De batterij is bijna opgeladen.

## LEERSTOF

**1** Beantwoord de volgende vragen.

- **a** Van welke factoren hangt het vermogen van een elektrisch apparaat af?
- **b** Met welke formule kun je het vermogen van zo'n apparaat berekenen?
- **c** Waarom wordt het vermogen van een telefoon zo laag mogelijk gehouden?
- **d** Hoe helpt de software van een telefoon om het vermogen laag te houden?

**2** Vul in tabel 1 de ontbrekende gegevens in.

**tabel 1** Elektrische grootheden en eenheden.

| grootheid | symbool | eenheid | symbool |
|---|---|---|---|
| spanning | | | V |
| | | ampère | |
| | *P* | | |

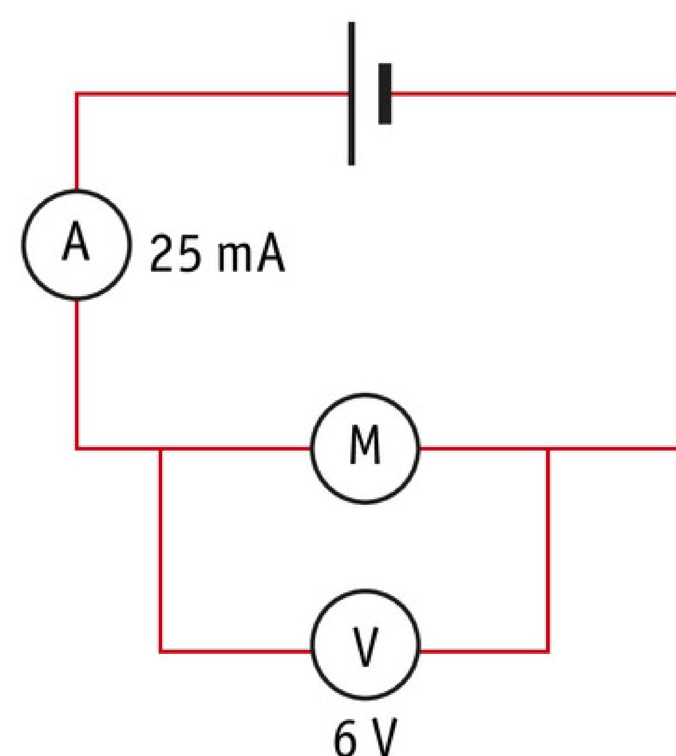
## TOEPASSING

**3** Hieronder staan vier apparaten die op elektrische energie werken.
*boormachine – smartwatch – tv-toestel – wasdroger*
Zet de apparaten op volgorde van vermogen: het apparaat met het kleinste vermogen voorop, het apparaat met het grootste vermogen achteraan.

**4** Mireille voert de proef uit die in figuur 6 getekend is.

**a** Noteer de spanning en de stroomsterkte.

**b** Bereken het vermogen van het motortje.




**figuur 6** De proef van Mireille.

**5** In figuur 7 zie je de gegevens van drie lampjes. Van elk lampje is steeds één gegeven weggelaten.


Zie de vaardigheid *Werken met formules*.

**a** Bereken het vermogen dat lampje a opneemt.

**b** Bereken de spanning waarop lampje b brandt.

**c** Bereken de stroomsterkte die door lampje c loopt.




**figuur 7** Drie lampjes.

**6** Het beeldscherm van Franks computer werkt op een spanning van 12 V. Als het beeldscherm aan staat, is de stroomsterkte 2,0 A.

**a** Bereken hoe groot het vermogen van het beeldscherm is.

**b** Als het beeldscherm in de slaapstand staat, is het vermogen 0,6 W.
Bereken hoe groot de stroomsterkte in de slaapstand is.

**7** Op veel plaatsen in ontwikkelingslanden is geen goede elektriciteitsvoorziening. Met het oog daarop is de *Firefly Solar Led Light* ontwikkeld (figuur 8). In deze bureaulamp zitten twaalf leds. De lamp brandt op een oplaadbare batterij van 1,2 V. De batterij wordt opgeladen met een zonnepaneeltje dat meegeleverd wordt.
Door één led loopt een stroom van 18 mA als hij aan is. De leds zijn parallel geschakeld.

**a** Hoe groot is de totale stroomsterkte als alle twaalf leds aan staan?
**b** Bereken het totale vermogen van de lamp als alle twaalf leds aan staan.
**c** Leg uit waarom de lamp niet rechtstreeks op het zonnepaneel wordt aangesloten, maar op een oplaadbare batterij werkt.



**figuur 8** De *Firefly Solar Led Light*, een bureaulamp die met een zonnepaneel wordt opgeladen.

**8** Tina heeft een telefoon die ze intensief gebruikt.
Neemt het vermogen van haar telefoon toe of af in de volgende situaties?

**a** als ze gebeld wordt door een vriend of vriendin. *toe / af*
**b** als ze gps uitzet, omdat ze wel weet waar ze is. *toe / af*
**c** als ze de helderheid van het scherm hoger zet. *toe / af*
**d** als ze een app na gebruik meteen weer afsluit. *toe / af*
**e** als ze in de pauze een onlinegame gaat spelen. *toe / af*

**9** Voor telefoons zijn er verschillende apps die ervoor zorgen dat de batterij minder vaak opgeladen hoeft te worden. Dit gebeurt vooral door programma's en apps die telkens verbinding maken met internet uit te zetten als je ze niet gebruikt.

**a** Leg uit waarom de batterij dan minder vaak opgeladen hoeft te worden.
**b** Leg uit wat er gebeurt met het vermogen dat de telefoon gebruikt.

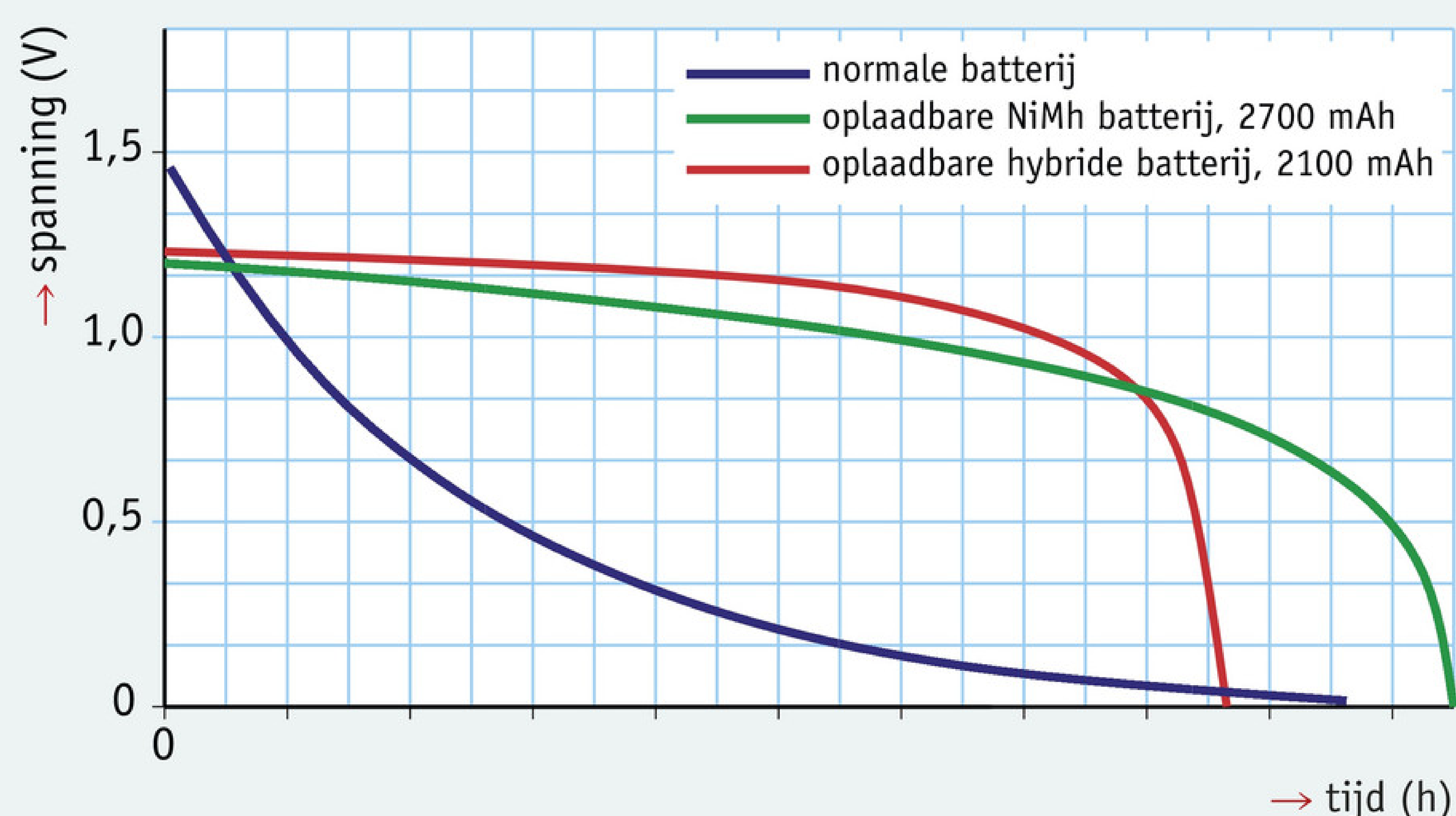
 **Test je kennis met de *Test jezelf*.**

## EXTRA LEEG OF VOL

**10** In figuur 9 zie je hoe de spanning bij drie soorten batterijen afneemt als deze een (constante) stroom leveren. Een eenvoudige batterijtester meet hoe vol een batterij is door de spanning te meten die de batterij levert.

**a** Leg uit dat deze batterijtester niet geschikt is voor het doormeten van een hybride batterij.

**b** Leg uit op welke manier je bij de hybride batterij toch nauwkeurig zou kunnen meten hoe vol of leeg de batterij is.




**figuur 9** Het verloop van de spanning bij drie verschillende batterijen.

**11** Joris gebruikt een powerbank om zijn telefoon op te laden. De spanning van de powerbank is 3,7 V. Door de lader gaat een stroom van 0,1 A.

**a** Bereken hoe groot het vermogen is dat de lader levert.

**b** In de telefoon zit een chip die meet hoe vol of leeg de batterij is. Welke grootheid meet deze chip: de spanning of de stroomsterkte?

**c** Op de batterij van de telefoon staat aangegeven hoeveel lading in de batterij kan worden opgeslagen (in de eenheid mAh). Toch meet een chip in de telefoon tijdens het opladen telkens opnieuw hoeveel lading in de batterij wordt opgeslagen. Leg uit waarom deze meting nodig is.

# Practica

## PROEF 1 GELEIDERS EN ISOLATOREN

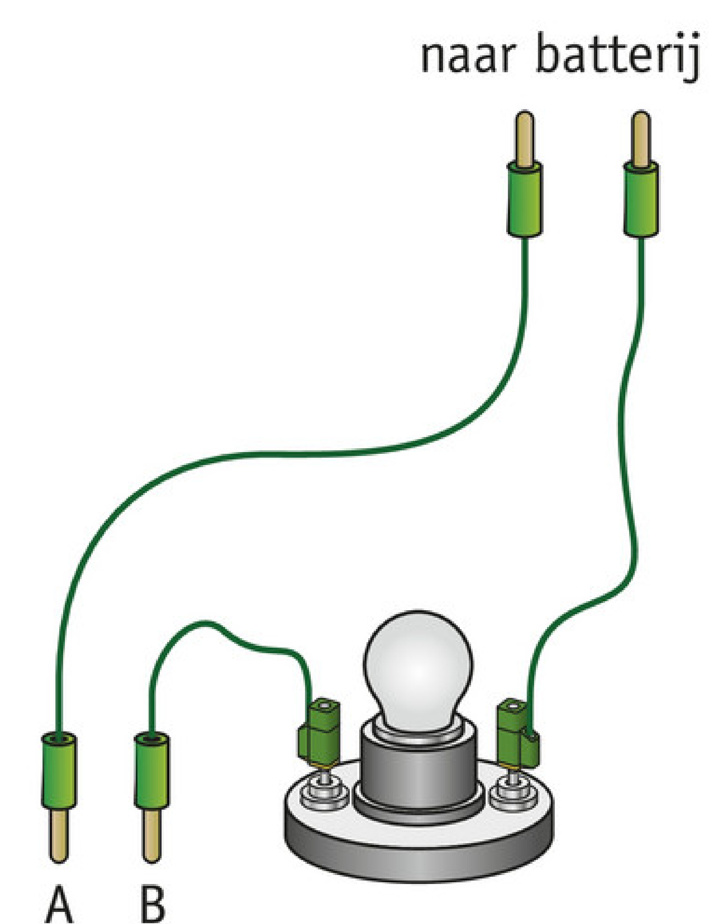
15 minuten

### Inleiding
Je kunt stoffen verdelen in geleiders en isolatoren. Door geleiders kan wel een elektrische stroom lopen, door isolatoren niet (of nauwelijks).

### Doel
Bij deze proef onderzoek je van een aantal stoffen of ze een geleider of een isolator zijn.

### Nodig
- ☐ spanningsbron
- ☐ (led)lampje in fitting
- ☐ 3 snoeren
- ☐ koperen staafje
- ☐ 7 andere voorwerpen

### Uitvoeren en uitwerken
- Maak de schakeling van figuur 1.
- Stel de spanningsbron in op de juiste spanning.
- Zet de uiteinden A en B van de snoeren op het koperen staafje. Je ziet dat het lampje dan gaat branden. Blijkbaar laat koper een elektrische stroom door. Daarom noem je koper een geleider.
- Je hoort van je docent welke voorwerpen je nog meer voor deze opdracht nodig hebt.



**figuur 1** De schakeling van proef 1.

**1** Noteer in tabel 1:
  **a** hoe de verschillende voorwerpen heten.
  **b** van welke stoffen ze zijn gemaakt.

- Onderzoek welke stoffen geleiders zijn en welke isolatoren.

**2** Noteer de uitkomsten in de tabel.

**tabel 1** Geleiders en isolatoren.

| voorwerp | gemaakt van | geleider of isolator |
|---|---|---|
| staafje | koper | geleider |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

**Aanwijzingen voor de proeven 2, 5 en 7**

- Om de stroomsterkte door een lampje te meten, schakel je de stroommeter in serie met het lampje.

Zie de vaardigheid *Werken met een stroommeter*.

- Laat de schakeling controleren door je docent voordat je de spanning inschakelt.

## PROEF 2 DE STROOMSTERKTE METEN

10 minuten

### Inleiding

Met een stroommeter kun je de stroomsterkte in een stroomkring meten. Je schakelt de stroommeter daarbij in serie met de andere onderdelen van de stroomkring.

### Doel

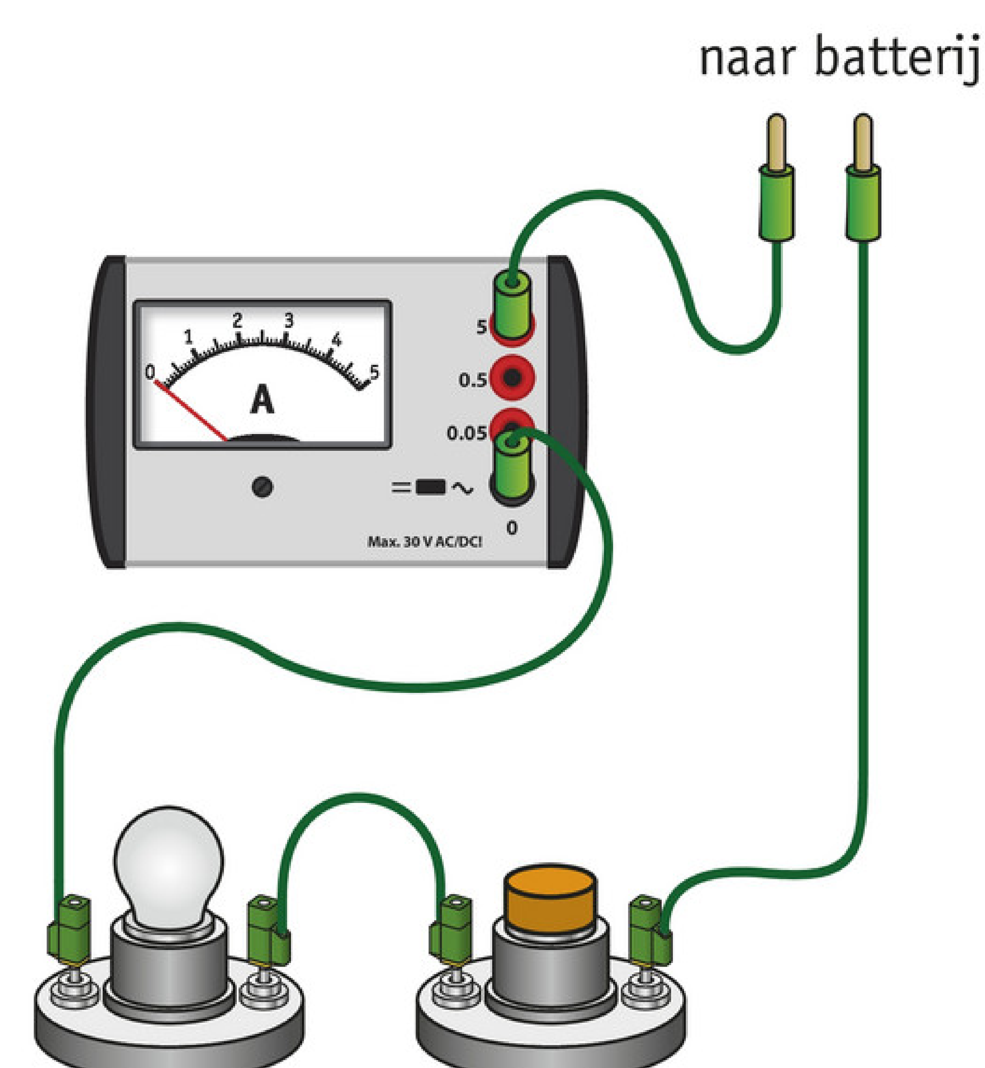
Je oefent met het meten van de stroomsterkte.

### Nodig

☐ spanningsbron
☐ (led)lampje in fitting
☐ 4 snoeren
☐ stroommeter
☐ schakelaar

### Uitvoeren en uitwerken

- Maak de schakeling van figuur 2. Gebruik het grootste meetbereik.
- Laat de schakeling door je docent controleren!
- Stel de spanningsbron in op de juiste spanning.
- Meet met de stroommeter de stroomsterkte door het lampje. Doe dat zowel links als rechts van het lampje.
- Schakel indien mogelijk over op een kleiner meetbereik voordat je de stroomsterkte definitief afleest.




**figuur 2** De schakeling van proef 2.

**1** Hoe groot is de stroomsterkte door het lampje? Vergeet de eenheid niet!

........................................................................................................

**2** Maakt het uit of je de stroomsterkte links of rechts van het lampje meet?

........................................................................................................

........................................................................................................

## PROEF 3 LAMPJES SCHAKELEN

30 minuten

### Inleiding
Je kunt lampjes op verschillende manieren schakelen. Dat wil zeggen dat je de lampjes (geleidend) met elkaar en met een spanningsbron verbindt, zodat je ze aan en uit kunt zetten. Elk soort schakeling heeft zijn eigen voor- en nadelen.

### Doel
Bij deze proef maak je kennis met twee soorten schakelingen: de serieschakeling en de parallelschakeling.

### Nodig
- ☐ spanningsbron
- ☐ 3 lampjes in fittingen
- ☐ 6 snoeren

### Uitvoeren en uitwerken
*Een serieschakeling maken*
Eerst maak je een serieschakeling met de drie lampjes. Dat is een schakeling zonder vertakkingen: de stroom loopt van de spanningsbron eerst naar lampje 1, dan naar lampje 2, dan naar lampje 3 en ten slotte terug naar de spanningsbron.

**1** Teken het schakelschema van deze schakeling. Zet erbij: een serieschakeling van drie lampjes.

..........................................................................................



Zie de vaardigheid *Schakelingen bouwen*.
- Bouw de schakeling volgens het schakelschema.
- Stel de spanningsbron in op de juiste spanning.

**2** Beschrijf hoe de lampjes branden: fel, gewoon of zwak?

..........................................................................................

..........................................................................................

- Schroef de lampjes een voor een los (en daarna weer vast).
- Onthoud wat er elke keer met de andere lampjes gebeurt.

**3** Wat gebeurt er met de andere lampjes?

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

*Een parallelschakeling maken*
Je maakt nu een parallelschakeling met de drie lampjes. Dat is een schakeling met drie vertakkingen: een voor elk lampje. De stroom splitst zich vóór de lampjes in drieën – zodat elk lampje een derde van de stroom krijgt – en komt na de lampjes weer bij elkaar.

**4** Teken het schakelschema van deze schakeling. Zet erbij: een parallelschakeling van drie lampjes.

.................................................................................................................................

- Bouw de schakeling volgens het schakelschema. Het is het handigst om eerst lampje 1 aan te sluiten op de spanningsbron. Maak daarna de aftakking voor lampje 2 en ten slotte de aftakking voor lampje 3.
- Stel de spanningsbron in op de juiste spanning.

**5** Beschrijf hoe de lampjes branden: fel, gewoon of zwak.

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

- Schroef de lampjes een voor een los (en daarna weer vast).

**6** Noteer wat er elke keer met de andere lampjes gebeurt.

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

- Haal de schakeling weer uit elkaar.

## PROEF 4 EXPERIMENTEREN MET EEN SCHAKELAAR

25 minuten

### Inleiding

Met een schakelaar kun je de stroom in- en uitschakelen. Je kunt er één onderdeel mee aan- en uitzetten, maar ook de complete schakeling in één keer. Dat hangt ervan af waar je de schakelaar in de schakeling opneemt.

### Doel

Bij deze proef onderzoek je welk effect een schakelaar heeft op verschillende plaatsen in een schakeling. De onderzoeksvraag luidt:
*Hoe kun je met een schakelaar (a) één schakelonderdeel aan- en uitzetten;*
*(b) verschillende schakelonderdelen tegelijk aan- en uitzetten?*

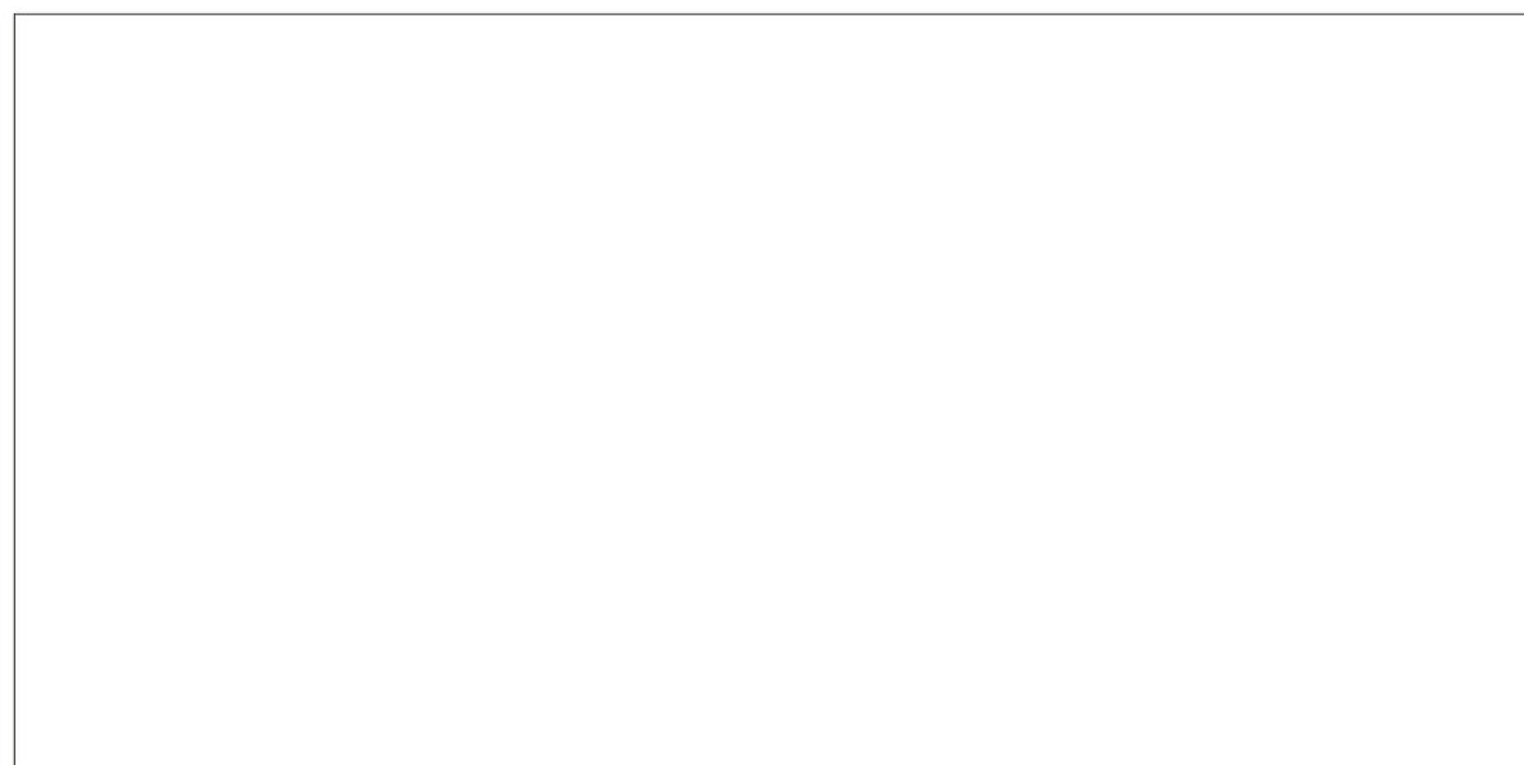
### Nodig

- ☐ spanningsbron
- ☐ 3 (led)lampjes in fittingen
- ☐ 8 snoeren
- ☐ schakelaar

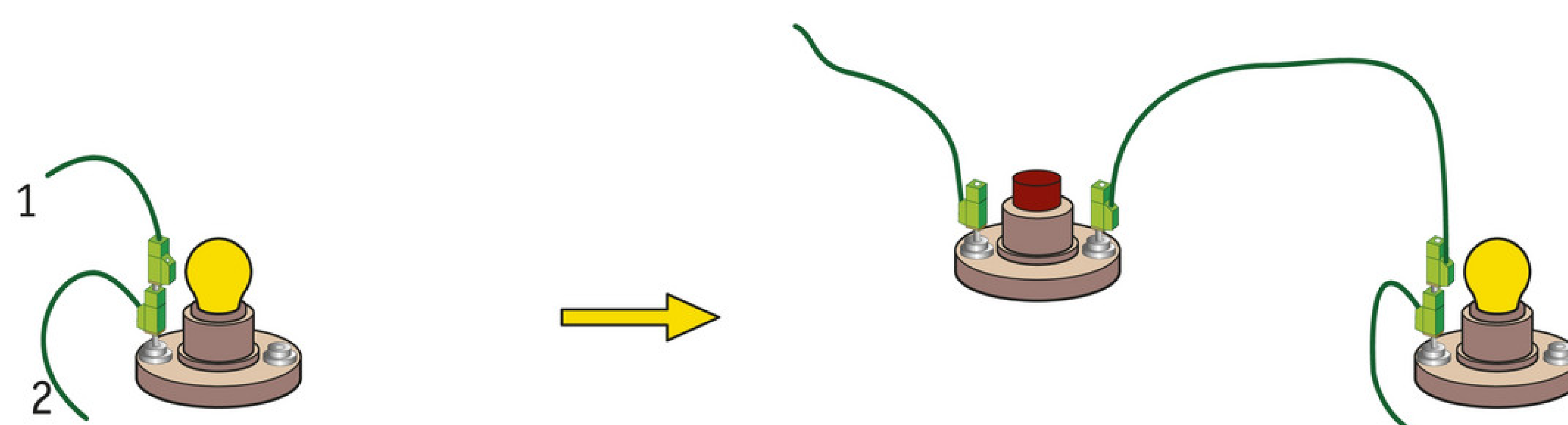
### Uitvoeren en uitwerken

- Maak een parallelschakeling met de drie lampjes.
- Stel de spanningsbron in op de juiste spanning.
- Controleer of de drie lampjes gewoon branden.

**1** Maak een tekening van de schakeling die je gebouwd hebt. Nummer de snoeren die je gebruikt hebt van 1 tot en met 6.



- Maak de twee overgebleven snoeren vast aan de schakelaar.
- Vervang snoer 1 door de schakelaar met de twee snoeren (figuur 3).
- Kijk wat er gebeurt als je de stroom met de schakelaar in- en uitschakelt.




**figuur 3** Zo kun je op de plaats van snoer 1 een schakelaar aanbrengen.

2 Teken het schakelschema van de schakeling die je hebt gemaakt.
Geef aan welke lampjes uitgaan als je de schakelaar op UIT zet.

..............................................................................................................................

- Haal de schakelaar met de twee snoeren weg en sluit snoer 1 weer aan.
- Gebruik de schakelaar met de twee snoeren nu om snoer 2 te vervangen.
- Kijk wat er gebeurt als je de stroom met de schakelaar in- en uitschakelt.

3 Teken het schakelschema. Zet erbij welke lampjes nu uitgaan als je de schakelaar op UIT zet.

- Doe vervolgens hetzelfde met de snoeren 3 tot en met 6.

4 Teken het schakelschema en zet je waarnemingen erbij.

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

..............................................................................................................................

5 Beantwoord ten slotte de onderzoeksvraag.

........................................................................................................................

........................................................................................................................

........................................................................................................................

........................................................................................................................

........................................................................................................................

## PROEF 5 DE STROOMSTERKTE IN EEN SERIESCHAKELING

20 minuten

### Inleiding

Met een stroommeter kun je de stroomsterkte in een serieschakeling meten. Je kunt de stroom daarbij op verschillende plaatsen meten: tussen de spanningsbron en het eerste schakelonderdeel, tussen de schakelonderdelen in en na het laatste schakelonderdeel.

### Doel

Je onderzoekt welke regel er geldt voor de stroomsterkte in een serieschakeling.

### Nodig

- ☐ spanningsbron
- ☐ 2 (led)lampjes in fittingen
- ☐ 5 snoeren
- ☐ stroommeter
- ☐ schakelaar

### Uitvoeren en uitwerken

- Je maakt zo meteen een serieschakeling van twee lampjes en een stroommeter.

1 Teken het schakelschema van deze schakeling.

- Laat je docent het schakelschema controleren. Bouw daarna de schakeling.
- Stel de spanningsbron in op de juiste spanning.
- Lees de stroomsterkte af. Gebruik eerst het grootste meetbereik van de stroommeter. Schakel daarna indien mogelijk over op een kleiner meetbereik.
- Meet de stroomsterkte drie keer: voor lampje 1, tussen lampje 1 en lampje 2 en na lampje 2.

**2** Noteer de meetresultaten. Vergeet de eenheid niet.

.......................................................................................................................

.......................................................................................................................

**3** Welke regel geldt er voor de stroomsterkte in een serieschakeling?

.......................................................................................................................

.......................................................................................................................

.......................................................................................................................

## PROEF 6 DE SPANNING IN EEN SERIESCHAKELING

20 minuten

### Inleiding

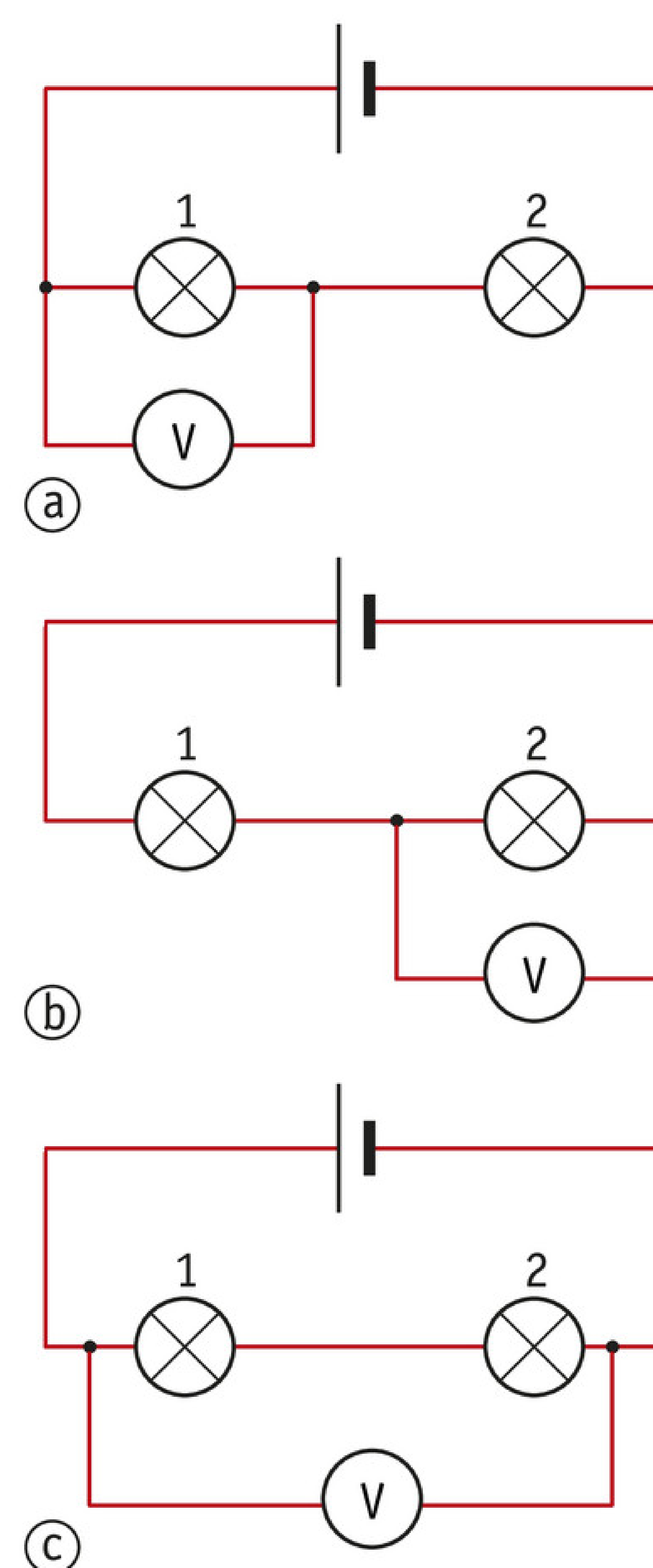
Met een spanningsmeter kun je de spanningen in een serieschakeling meten: over elk schakelonderdeel afzonderlijk en over alle schakelonderdelen samen.

### Doel

Je onderzoekt welke regel er geldt voor de spanningen in een serieschakeling.

### Nodig

- ☐ spanningsbron
- ☐ 2 (led)lampjes in fittingen
- ☐ 5 snoeren
- ☐ spanningsmeter




**figuur 4** De drie schakelingen van proef 6.

### Uitvoeren en uitwerken

*De spanning over lampje 1*

- Maak de schakeling van figuur 4a.
- Stel de spanningsbron in op de juiste spanning.
- Lees de spanning af. Gebruik eerst het grootste meetbereik van de spanningsmeter. Schakel daarna indien mogelijk over op een kleiner meetbereik.

**1** De spanning over lampje 1 = ................ V.

*De spanning over lampje 2*

- Maak de schakeling van figuur 4b.
- Lees de spanning af.

**2** De spanning over lampje 2 = ................ V.

*De spanning over beide lampjes samen*
- Maak de schakeling van figuur 4c.
- Lees de spanning af.

**3** De spanning over lampje 1 en 2 samen = ................ V.

**4** Vergelijk de spanning van de spanningsbron met de spanningen die jij gemeten hebt. Wat valt je op?

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

**5** Welke regel geldt er voor de spanningen in een serieschakeling?

..........................................................................................................................................

..........................................................................................................................................

## PROEF 7 DE STROOMSTERKTE IN EEN PARALLELSCHAKELING

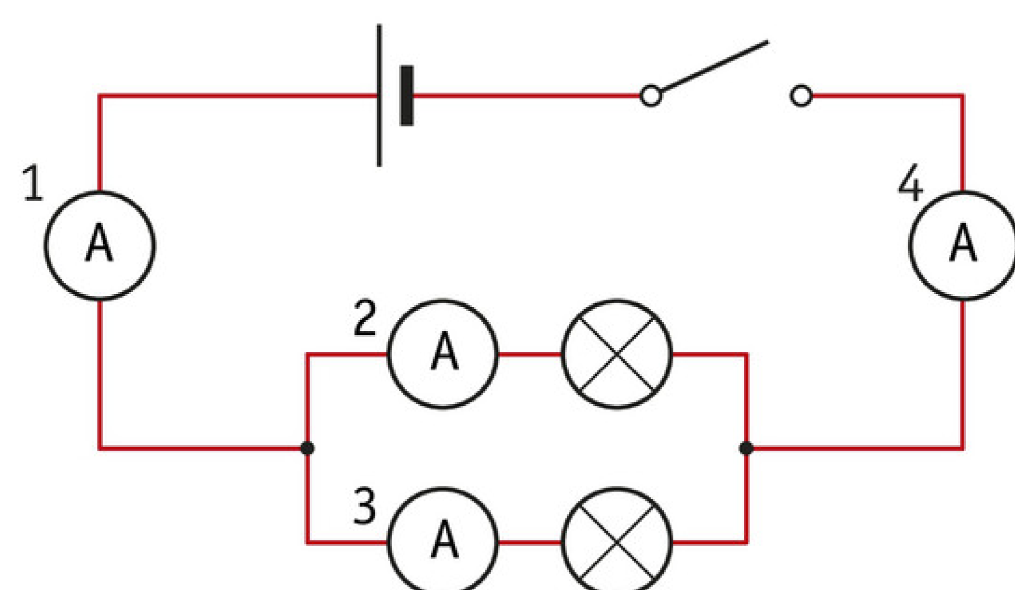
20 minuten

### Inleiding
Met een stroommeter kun je de stroomsterkte in een parallelschakeling meten. Je kunt de stroom daarbij op verschillende plaatsen meten: in de vertakkingen en in de niet-vertakte delen van de schakeling.

### Doel
Je onderzoekt welke regel er geldt voor de stroomsterktes in een parallelschakeling.

### Nodig
- ☐ spanningsbron
- ☐ 2 (led)lampjes in fittingen
- ☐ 6 snoeren
- ☐ stroommeter
- ☐ schakelaar

### Uitvoeren en uitwerken
- In figuur 5 staat een parallelschakeling waarin op vier plaatsen een stroommeter getekend is. Bij deze proef meet je de stroomsterktes op deze vier plaatsen.




**figuur 5** De schakeling van proef 7.

1 Wat denk je: welk verband bestaat er tussen de stroomsterktes die je op deze vier plaatsen kunt meten?

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

- Bouw de schakeling van figuur 5. Sluit de stroommeter aan op plaats 1.
- Stel de spanningsbron in op de juiste spanning.
- Lees de stroomsterkte af. Gebruik eerst het grootste meetbereik van de stroommeter. Schakel daarna indien mogelijk over op een kleiner meetbereik.

2 Hoe groot is de stroomsterkte op plaats 1?

.................................................................................................................................

- Verander de schakeling door de stroommeter op plaats 2 aan te sluiten.
- Meet de stroomsterkte op plaats 2 zo nauwkeurig mogelijk.

3 Hoe groot is de stroomsterkte op plaats 2?

.................................................................................................................................

- Meet vervolgens ook de stroomsterkte op plaats 3 en plaats 4.

4 Hoe groot is de stroomsterkte op plaats 3 en 4?

.................................................................................................................................

5 Kijk nog eens naar de voorspellingen die je bij opdracht 1 hebt gedaan. Klopten je voorspellingen?

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

6 Welke regel geldt er voor de stroomsterktes in een parallelschakeling?

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

.................................................................................................................................

## PROEF 8 EEN ONTWERP MAKEN – DE MISTLAMPSCHAKELING

45 minuten

### Inleiding
Stel je voor: in een auto moet een mistlamp gemonteerd worden. Het is de bedoeling dat de mistlamp alleen aangezet kan worden als de gewone verlichting van de auto al brandt. Jij bent bij deze opdracht de ontwerper die een bruikbare oplossing moet verzinnen.

### Doel
Bij deze proef bedenk en test je een schakeling voor de autoverlichting, inclusief de mistlamp. Je prototype moet aan de volgende ontwerpeisen voldoen:

**Ontwerpeisen**
- De schakeling bestaat uit 5 lampjes en 2 schakelaars.
- De lampjes 1 en 2 stellen de koplampen voor.
- De lampjes 3 en 4 stellen de achterlichten voor.
- Lampje 5 stelt het mistachterlicht voor.
- De koplampen en de achterlichten kunnen met schakelaar 1 aan- en uitgezet worden.
- Het mistachterlicht kan met schakelaar 2 aangezet worden, maar alleen als de koplampen en de achterlichten branden.

### Nodig
Bij deze proef bedenk je zelf welke practicumspullen je nodig hebt.

### Uitvoeren en uitwerken
- Bedenk hoe je de opdracht kunt uitvoeren. Wat voor schakeling ga je maken, welke practicumspullen heb je daarvoor nodig, hoe ga je testen of de schakeling goed werkt?

**1** Maak een werkplan voor deze opdracht.

- De werkplannen worden de volgende les besproken met de klas. Verbeter je eigen werkplan daarna nog indien nodig.
- Bouw de schakeling en probeer hem uit.

**2** Maak een testverslag met daarin:
**a** een schakeling die aan alle ontwerpeisen voldoet.
**b** de tests die je hebt uitgevoerd en de resultaten daarvan.
**c** eventuele veranderingen die je in je schakeling hebt aangebracht.

..........

..........

..........

..........

..........

..........

# Wedstrijd op zonne-energie



**Op de laatste racedag bouwde het Nuon Solar Team (Universiteit Delft) zijn voorsprong op de belangrijkste concurrenten – Michigan (VS), Tokai (Japan) en Punch Powertrain (België) – verder uit. Red Shift (Universiteit Twente) moest nog een tijdstraf van een halfuur uitzitten en zakte weg in het eindklassement. Met overmacht won het Nuon Solar Team de veertiende Bridgestone World Solar Challenge, het officieuze wereldkampioenschap voor zonneauto's in Australië. Het team deed, met zonneauto Nuna9, vier dagen en ruim zes uur over de 3000 km lange race. Het is alweer de zevende keer dat het Nuon Solar Team wereldkampioen zonneracen is geworden.**

## De *World Solar Challenge*

Elke twee jaar verzamelen zich enkele tientallen teams voor de *World Solar Challenge*, een race voor zonneauto's door de Australische *outback*. Het parcours loopt van Darwin in het noorden naar Adelaide in het zuiden, over een afstand van meer dan 3000 km. Vooral voor de coureurs is de race flink afzien. Ze zitten vijf of zes dagen opgesloten in een piepkleine cabine waarin de temperatuur kan oplopen tot wel 50 °C.

Op 8 oktober 2017 ging er weer een editie van start. Net als in 2013 en in 2015 deden er drie Nederlandse teams mee: het Nuon Solar Team van de Universiteit in Delft (figuur 1), het Solar Team Twente van de Universiteit in Twente en het Solar Team Eindhoven van de Technische Universiteit Eindhoven. De wagen uit Eindhoven won in de Cruiserklasse met de Stella Vie. In deze klasse, die in 2013 geïntroduceerd is, rijden auto's die iets praktischer in gebruik zijn, met twee tot vier inzittenden. In deze klasse is het team uit Eindhoven ongeslagen: ze wonnen tot nu toe alle edities.

## Rijden op zonlicht

De wagentjes die aan de *World Solar Challenge* meedoen, rijden voor 100% op zonne-energie. De Nuna9 van het Nuon Solar Team heeft daarvoor zonnecellen van galliumarsenide, met een totale




**figuur 1** Coureur Lisanne de Rooij in de Nuna9 van het Nuon Solar Team.




**figuur 2** Om zoveel mogelijk zonlicht op te vangen worden de zonnepanelen schuin opgesteld.

oppervlakte van slechts 2,64 m$^2$. Als de zon flink schijnt, is dat voldoende voor een snelheid van 110 km/h. Sneller mogen de wagentjes niet: ze moeten zich net als het overige verkeer aan de Australische maximumsnelheid houden.

Bij zonnig weer produceren de zonnecellen meestal meer elektrische energie dan er op dat moment nodig is. Die energie gaat niet verloren: het overschot wordt tijdelijk opgeslagen in accu's. Dat is handig als er later op de dag een tekort aan energie ontstaat, bijvoorbeeld doordat er opeens bewolking voor de zon schuift. Dan wordt de opgeslagen energie uit de accu's gehaald en gebruikt om de zonneauto aan te drijven.

**Opladen en ontladen**

De accu's spelen ook een belangrijke rol bij de start. Om snel op te kunnen trekken, is veel vermogen nodig, oftewel veel energie in weinig tijd. Bezitters van een auto met verbrandingsmotor kunnen daarover meepraten: snel wegscheuren slurpt benzine. Voor een zonneauto geldt hetzelfde (als je benzine vervangt door elektrische energie). Omdat de zonnecellen maar een beperkt vermogen kunnen leveren, moeten de accu's flink bijspringen voor een snelle start.

De accu's worden daarom 's ochtends voor de start opgeladen met behulp van de zonnecellen. Ook tijdens stops proberen de deelnemers om hun accu's maximaal op te laden. Daarom stellen ze de zonnepanelen schuin op, om zoveel mogelijk zonlicht op te vangen (figuur 2). Hoe meer elektrische energie ze in hun accu's kunnen opslaan, des te groter zijn hun kansen in de race.

Het voortdurend opladen en ontladen van de accu's is niet zonder risico's. Bij een van de deelnemende teams ontstond een paar jaar geleden zelfs brand in de accu's. Veel zonneauto's zijn daarom voorzien van een speciaal *Battery Management System*, dat continu de lading van de accu's in de gaten houdt. Het systeem zorgt ervoor dat de accu's niet overladen worden of juist te ver ontladen, want in beide gevallen kunnen ze in brand vliegen.

***"Australië is wel een zonnig land, maar de zon schijnt niet altijd."***

### Strategisch rijden

Een slim ontworpen zonneauto is geen garantie dat je de race ook wint. Daarvoor moet je ook slim rijden. Als het weer niet erg zonnig is, kun je niet de hele tijd op topsnelheid rijden. Dan raken de accu's al ver voor de finish uitgeput. Te langzaam rijden is natuurlijk ook geen goed idee. Je wilt de energie die in de accu's zit, zo volledig mogelijk benutten.

De succesvolle teams volgen daarom een uitgekiende strategie. In de volgauto die achter de zonneauto aanrijdt, wordt daar constant aan gewerkt. De teamleden krijgen gegevens door van de elektronica in de zonneauto over de energieproductie van de zonnecellen en de ladingstoestand van de accu's. Ook volgen ze het weerbericht op de voet. Al die gegevens gebruiken ze om de optimale snelheid voor de zonneauto te berekenen. Die wordt vervolgens doorgegeven aan de coureur.




**figuur 3** Het Nuon Solar Team wordt voor de zevende keer wereldkampioen.

De derde en vierde racedag bleken beslissend, toen het weer in de Australische outback omsloeg: donkere wolken, harde wind en zelfs regen zetten de toon. Juist in deze omstandigheden liep het Nuon Solar Team uit naar een voorsprong van twee uur (figuur 3).

Bij zware bewolking nam de coureur gas terug. Aerodynamicus Jasper Hemmes: "Omdat Nuna zo licht en gestroomlijnd is, konden we ook bij harde wind met weinig energie veel snelheid maken. We werden als het ware vooruit gezogen door de wind, dankzij ons aerodynamische ontwerp." Strateeg Stijn Burger vult aan: "Dankzij goede informatie van ons meteoteam konden we bovendien waar mogelijk de gaten in het wolkendek vinden, zodat we zoveel mogelijk zon opvingen."

### Finish

Het team van Twente eindigde uiteindelijk als vijfde. Twee eerste plaatsen en een vijfde plaats zijn natuurlijk fantastische prestaties, maar de concurrentie zit niet stil. Er zijn in Delft, Twente en Eindhoven vast genoeg enthousiaste studenten te vinden om van de volgende *World Solar Challenge* weer een spannend hightech evenement te maken.

### PECH VOOR UMICORE

Het Umicore Solar Team uit België had een paar jaar geleden flinke tegenslag in de *World Solar Challenge*. Het team lag op een verdienstelijke vierde plaats toen er op circa 200 km van de finish brand ontstond in de accu's. De coureur en enkele teamleden die rook inademden werden naar het ziekenhuis gebracht voor controle, maar mochten het snel weer verlaten. Na een spoedreparatie kon er verder worden gereden met de reserveaccu's.

## OPDRACHTEN

**1** Tijdens stops worden de zonnepanelen schuin opgesteld.

**a** In welke richting moet de coureur de zonnepanelen dan kantelen?

**b** Hoe komt het dat de accu's in die stand sneller worden opgeladen?

**2** Leg uit waarom de accu's van een zonneauto worden bijgeschakeld in de volgende situaties.

**a** als de zon achter de wolken verdwijnt.

**b** als de zonneauto tegen een helling oprijdt.

**c** als de coureur een andere auto gaat inhalen.

**3** Bij zware bewolking nam de coureur gas terug.

**a** Leg uit wat de coureur precies bedoelde met 'gas terugnemen'.

**b** Leg uit waarom het nodig was dat hij op die manier ingreep.

**4** Stel je voor: in het elektrisch systeem van een zonneauto zitten drie schakelaars:

- schakelaar 1: tussen de zonnepanelen en de accu's;
- schakelaar 2: tussen de zonnepanelen en de motor;
- schakelaar 3: tussen de accu's en de motor.

Welke schakelaars staan open (UIT) en welke dicht (AAN):

**a** als de accu's voor een wedstrijd zo ver mogelijk worden opgeladen?

**b** als de auto tijdens de wedstrijd snel tegen een helling omhoog rijdt?

**c** als de auto bij zonnig weer met 110 km/h over een vlakke weg rijdt?

# Leerstofoverzicht

## 4.1 EEN STROOMKRING MAKEN

### ONTHOUD

- Een gesloten stroomkring is een stroomkring zonder onderbrekingen waar een elektrische stroom doorheen kan lopen.
- Stoffen waar een elektrische stroom gemakkelijk doorheen kan lopen, heten geleiders. Alle metalen zijn geleiders. Koolstof is ook een geleider, al is het geen metaal.
- Stoffen die een elektrische stroom niet of heel slecht doorlaten, heten isolatoren. Voorbeelden zijn rubber, glas en de meeste soorten plastic.
- Met een stroommeter meet je bijvoorbeeld de stroomsterkte door een lampje. Het maakt niet uit of je de meter voor of na het lampje opneemt in de schakeling: de stroomsterkte is op beide plaatsen gelijk.

### BEGRIPPEN

**geleider**
Stof waar een elektrische stroom gemakkelijk doorheen kan lopen.

**isolator**
Stof die een elektrische stroom niet of heel slecht doorlaat.

**lading**
Hoeveelheid elektriciteit. Een elektrische stroom bestaat uit lading die door de onderdelen van een stroomkring beweegt.

**schakelaar**
Het onderdeel van een stroomkring waarmee je de stroomkring kunt openen of sluiten.

**stroomkring**
Een geheel van geleidende delen van snoeren, lampen enzovoort, waar stroom doorheen kan lopen.

**stroommeter**
Instrument waarmee je kunt bepalen hoe groot de stroom door een stroomkring is.

**stroomsterkte**
De hoeveelheid lading die per seconde voorbijkomt.

## 4.2 SPANNINGSBRONNEN

### ONTHOUD

- Je kunt de vermelde spanning op een spanningsbron controleren met een spanningsmeter. Daarvoor moet je de spanningsmeter verbinden met de pluspool en de minpool van de batterij. De spanning meet je in volt (V).
- Een elektrische spanning kun je vergelijken met de spanning van een opgeblazen ballon. Hoe groter de spanning, hoe groter de ‘druk’ waarmee de lading door een stroomkring wordt gevoerd.
- Er bestaat een elektrisch onderdeel dat zich net zo gedraagt als een ballon: een condensator. In de condensator kun je lading opslaan. De condensator levert geen constante spanning.
- In een stroomkring gebruik je vaak een spanningsbron (bijvoorbeeld een batterij) die een constante spanning levert.
- Gewone batterijen kun je maar één keer gebruiken. Herbruikbare batterijen kun je opladen door de stroom er in omgekeerde richting doorheen te sturen.
- Als je batterijen op de juiste manier (‘plus aan de min’) in serie schakelt, mag je hun spanningen bij elkaar optellen.

## BEGRIPPEN

**herbruikbare batterij**
Een batterij die je opnieuw kunt opladen.

**netspanning**
De spanning die op stopcontacten staat. In Nederland is dit 230 V.

**spanning**
Een soort ‘elektrische druk’: hoe groter de spanning, hoe groter de ‘druk’ waarmee de lading door de stroomkring wordt gevoerd.

**spanningsbron**
Het onderdeel van een stroomkring dat de spanning levert. Bijvoorbeeld een batterij of een accu.

**spanningsmeter**
Instrument waarmee je de spanning kunt meten.

**transformator**
Apparaat dat netspanning omzet in een andere (meestal lagere) spanning.

# 4.3 SCHAKELINGEN

## ONTHOUD

- In een schakelschema geef je elektrische componenten weer met symbolen.

| component | symbool | component | symbool | component | symbool |
|---|---|---|---|---|---|
| snoer | | lampje | | stroommeter | A |
| batterij | | schakelaar | open<br>dicht | bel | |
| gelijk-spanning | | spannings-meter | V | motor | M |
| wissel-spanning | | stopcontact | | led | |

- De stroomsterkte in een serieschakeling is overal even groot.
- De spanning die de batterij levert wordt in een serieschakeling van lampjes verdeeld over de lampjes.
- In een parallelschakeling van lampjes is de totale stroomsterkte (de stroomsterkte die de batterij levert) gelijk aan de som van de stroomsterktes in de takken.
- In een parallelschakeling van lampjes krijgt elk lampje dezelfde spanning: de bronspanning.
- In een parallelschakeling kun je elk lampje apart aan- en uitdoen. Als een lamp doorbrandt, blijven de andere gewoon branden.

## BEGRIPPEN

**bronspanning**
De spanning van de spanningsbron, bijvoorbeeld een batterij.

**parallelschakeling**
Een schakeling met meerdere stroomkringen.

**schakelschema**
Een overzichtelijke tekening van een schakeling, weergegeven met symbolen.

**serieschakeling**
Een schakeling die bestaat uit één stroomkring zonder vertakkingen.

**totale stroomsterkte**
De stroomsterkte in de onvertakte delen van een parallelschakeling.

## 4.4 VERMOGEN EN ENERGIE

### ONTHOUD

- Het vermogen geeft aan hoeveel elektrische energie een apparaat in een seconde verbruikt. Apparaten met een groot vermogen verbruiken meer energie in een seconde dan apparaten met een klein vermogen. De eenheid van vermogen is watt (W).
- Het vermogen van een elektrisch apparaat bereken je met de formule: $P = U \cdot I$.
- Het energieverbruik van een elektrisch apparaat hangt af van het vermogen van het apparaat en de tijd dat het apparaat is ingeschakeld.

### BEGRIPPEN

**vermogen**
De hoeveelheid elektrische energie die een apparaat per seconde verbruikt.


**Ga naar de *Flitskaarten* en de *Diagnostische toets*.**

# Vaardigheden

**ONDERZOEK DOEN**
**Bij het vak natuur- en scheikunde leer je om onderzoek te doen. Je werkt met practicumapparatuur, voert metingen uit, tekent grafieken en maakt berekeningen. Dit deel van het boek gaat over de vaardigheden die je daarvoor nodig hebt.**





# 1 Onderzoek doen

**Bij het vak natuur- en scheikunde leer je om zelf onderzoek uit te voeren. Bij het doen van onderzoek ga je stap voor stap te werk.**

Stap 1 **Bedenk een onderzoeksvraag**
Meestal staat de onderzoeksvraag al in het boek vermeld. Dan ben je natuurlijk snel klaar. Soms mag je zelf een onderzoeksvraag bedenken. Wees daarbij niet te gauw tevreden. Je moet wel een idee hebben hoe je jouw vraag kunt beantwoorden.

Stap 2 **Maak een werkplan**
In je werkplan schrijf je op:
- welke materialen en apparatuur je nodig hebt;
- welke opstelling je gaat bouwen (maak een tekening);
- welke grootheden je gaat meten;
- (eventueel) welke formules je gaat gebruiken.

In figuur 1 zie je een voorbeeld van zo'n werkplan.

```
Werkplan van: Eileen en Jamila

Onderzoeksvraag: Wat is de hoogste toon
die we kunnen horen?

1   Materialen en apparatuur

  * Toongenerator
  * Versterker
  * Hoge-tonen-luidspreker

2   Opstelling
        toon-
        generator  versterker
                              luidspreker

3   Metingen
    Jamila maakt met de toongenerator een
    steeds hogere toon. Eileen zegt 'stop'
    als ze geen geluid meer hoort. Jamila
    kijkt dan op de toongenerator hoe hoog de
    toon is. Dit doen we een paar keer om te
    zien of er steeds hetzelfde uitkomt. Daarna
    gaan we de proef nog eens doen, maar nu
    luistert Jamila en draait Eileen aan de
    toongenerator.
```

**figuur 1** Zo ziet een werkplan eruit.

Stap 3 **Uitvoeren en uitwerken**
Je gaat nu metingen uitvoeren en uitwerken.
Zie ook de vaardigheden 5 tot en met 11.

Stap 4 **Conclusies trekken**
Als alles goed is gegaan, kun je nu conclusies trekken. Probeer een antwoord te geven op je onderzoeksvraag. Vraag je ook af wat er in je onderzoek beter had gekund.

Stap 5 **Een verslag maken**
Tot slot maak je van je onderzoek een verslag. Zie de vaardigheid *Een verslag schrijven*.

# 2 Werken met grootheden en eenheden

**Bij proeven en onderzoeksopdrachten doe je vaak metingen. Je gebruikt een meetinstrument om een getalwaarde te vinden voor een eigenschap, zoals de lengte of de temperatuur.**

## Grootheden

Een grootheid is een eigenschap die je kunt meten met een meetinstrument. Voorbeelden van grootheden zijn lengte, massa en temperatuur. Je kunt deze grootheden meten met een meetlat (voor de lengte, zie figuur 2), een weegschaal (voor de massa) en een thermometer (voor de temperatuur).




**figuur 2** Je meet de grootheid lengte in de eenheid meter.

## Eenheden

Om een grootheid te kunnen meten, moet je eerst een maat met elkaar afspreken. Zo'n maat noem je een **eenheid**. Je meet je lengte in meters, je massa in kilogrammen en je lichaamstemperatuur in graden Celsius.

Voor elke grootheid bestaat een internationaal erkende **SI-eenheid**, zoals de meter voor de lengte, de seconde voor de tijd en ampère voor de stroomsterkte. In het dagelijks leven worden daarnaast ook andere eenheden gebruikt. Mensen doen dat, omdat ze zo'n eenheid handiger vinden of omdat ze het nu eenmaal zo gewend zijn.

## Meetresultaten noteren

- Ga voor de meting na in welke eenheid je meetinstrument de uitkomst weergeeft. Vaak is dat meteen duidelijk, maar soms moet je eerst even goed kijken.
- Noteer een meetresultaat altijd meteen nadat je de meting hebt gedaan.
- Doe je maar één meting? Noteer het meetresultaat dan in de vorm:
  [grootheid] = [getal] [eenheid].
  Bijvoorbeeld: massa = 237 gram of: m = 237 g.
- Doe je een serie metingen? Noteer je meetresultaten dan in een tabel. Zet boven elke kolom met getallen:
  - welke grootheid je hebt gemeten;
  - welke eenheid je hebt gebruikt (tussen haakjes).

In tabel 1 vind je een overzicht van de grootheden en eenheden die je in dit boek tegenkomt. In de derde en vierde kolom staan de SI-eenheden. Andere veel gebruikte eenheden staan in de laatste twee kolommen.

Soms is het nodig om een gegeven om te rekenen van de ene eenheid naar de andere (bijvoorbeeld van km/h naar m/s). Zie daarover vaardigheid 4.

**tabel 1** Grootheden en eenheden.

| grootheid | afkorting | SI-eenheid | afkorting | andere eenheid | afkorting |
|---|---|---|---|---|---|
| dichtheid | $\rho$ | kilogram per kubieke meter | $kg/m^3$ | gram per kubieke centimeter | $g/cm^3$ |
| frequentie | *f* | hertz | Hz | - | - |
| lengte, afstand | *l* | meter | m | - | - |
| luchtdruk, gasdruk | *p* | pascal | Pa | bar | - |
| massa | *m* | kilogram | kg | - | - |
| snelheid | *v* | meter per seconde | m/s | kilometer per uur | km/h |
| spanning | *U* | volt | V | - | - |
| stroomsterkte | *I* | ampère | A | - | - |
| temperatuur | *T* | kelvin | K | graden Celsius | °C |
| tijd | *t* | seconde | s | minuut, uur | min, h |
| vermogen | *P* | watt | W | - | - |
| volume | *V* | kubieke meter | $m^3$ | liter | L |

# 3 Werken met voorvoegsels

**Soms is een eenheid onhandig groot of juist onhandig klein. Daarom is er een manier bedacht om eenheden 'op maat' te kunnen maken.**

De **voorvoegsels** in tabel 2 kun je in principe voor elke eenheid zetten. Zo kun je afgeleide eenheden maken die 10, 100 of 1000 keer zo groot óf zo klein zijn als de originele eenheid. Op die manier kun je de grootte van de eenheid aanpassen aan de situatie: kilogrammen voor de massa van je lichaam, milligrammen voor de werkzame stof in een tablet.

In de praktijk worden sommige combinaties veel gebruikt en andere (bijna) nooit. De decibel (dB) is bijvoorbeeld een populaire eenheid, de decivolt (dV) en de deciwatt (dW) kom je nooit tegen.




**figuur 3** Een pijnstiller met 500 mg werkzame stof per tablet.

## Een eenheid kiezen

- Kijk bij proeven welke eenheid op het meetinstrument vermeld staat. Meestal is het het handigst om die eenheid te gebruiken.
- Kies een kleinere eenheid, als je anders op een erg klein getal (< 0,1) uitkomt. Noteer de uitkomst van een volumemeting bijvoorbeeld als 25 mL en niet als 0,025 L.
- Gebruik een grotere eenheid, als je anders op een erg groot getal (> 1000) uitkomt. Noteer de uitkomst van een berekening bijvoorbeeld als 340 km en niet als 340 000 m.

Soms is het nodig om een gegeven om te rekenen van de ene eenheid naar de andere (bijvoorbeeld van mA naar A). Zie daarover vaardigheid 4.

**tabel 2** Voorvoegsels en hun betekenis.

| voorvoegsel | afkorting | betekenis | voorbeeld |
|---|---|---|---|
| kilo | k | 1000 | 1 kg = 1000 g |
| hecto | h | 100 | 1 hPa = 100 Pa |
| deca | da | 10 | 1 dam = 10 m |
| deci | d | 1/10 = 0,1 | 1 dL = 0,1 L |
| centi | c | 1/100 = 0,01 | 1 cm = 0,01 m |
| milli | m | 1/1000 = 0,001 | 1 mA = 0,001 A |

# 4 Eenheden omrekenen

**Vaak is het nodig om een eenheid om te rekenen van de ene eenheid naar de andere. Dat doe je bijvoorbeeld als je de snelheid in m/s hebt uitgerekend en iemand je vraagt wat dat in km/h is.**

Bij het omrekenen van eenheden ga je als volgt te werk:

**Stap 1** **Noteer een gelijkheid met links de ene eenheid en rechts de andere.**

**Stap 2** **Ga na met welk getal je moet vermenigvuldigen of delen.**

**Stap 3** **Voer de juiste vermenigvuldiging of deling uit en noteer het resultaat.**

**VOORBEELDOPDRACHT 1**

In een maatcilinder zit 0,125 L water. Hoeveel milliliter is dat?

Stap 1: Bedenk (of zoek op) dat 1 L gelijk is aan 1000 mL; zie figuur 4.
Stap 2: Je gaat van liter naar milliliter, dus je moet vermenigvuldigen met 1000.
Stap 3: Uitrekenen: Het volume van het water = 0,125 × 1000 = 125 mL

**VOORBEELDOPDRACHT 2**

Een stroommeter geeft 82 mA. Hoeveel ampère is dat?

Stap 1: Bedenk (of zoek op) dat 1 A gelijk is aan 1000 mA.
Stap 2: Je gaat van mA naar A, dus je moet delen door 1000.
Stap 3: Uitrekenen: De stroomsterkte = $\frac{82}{1000}$ = 0,082 A

**VOORBEELDOPDRACHT 3**

Een fietser rijdt met een snelheid van 5,2 m/s. Hoeveel km/h is dat?

Stap 1: Bedenk (of zoek op) dat 10 m/s gelijk is aan 36 km/h.
Stap 2: Je gaat van m/s naar km/h, dus vermenigvuldig je met 3,6.
Stap 3: Uitrekenen: De snelheid = 5,2 × 3,6 ≈ 19 km/h




**figuur 4** Zoals je op deze maatkan kunt zien, is 1 L gelijk aan 1000 mL.

# 5 Meetinstrumenten aflezen

**Als je een meting doet, lees je een meetwaarde – een getal – af op een meetinstrument. Bij het ene meetinstrument is dat gemakkelijker dan bij het andere.**

Een **digitaal meetinstrument**, zoals een stopwatch of een digitale koortsthermometer, werkt elektronisch. De meetwaarde wordt in cijfers op een scherm weergegeven. Dit soort meters maakt het je erg gemakkelijk: je hoeft alleen de cijfers te noteren.

Een **analoog meetinstrument**, zoals een maatcilinder of een analoge spanningsmeter, heeft een schaalverdeling. Je leest een maatcilinder af door te kijken bij welk streepje de vloeistofspiegel zich bevindt. Bij een analoge spanningsmeter kijk je bij welk streepje de wijzer stilstaat.

Bij deze meetinstrumenten kun je niet meteen de meetwaarde aflezen.
Eerst moet je weten hoeveel elk streepje ‘waard’ is. Daar kun je als volgt achterkomen:

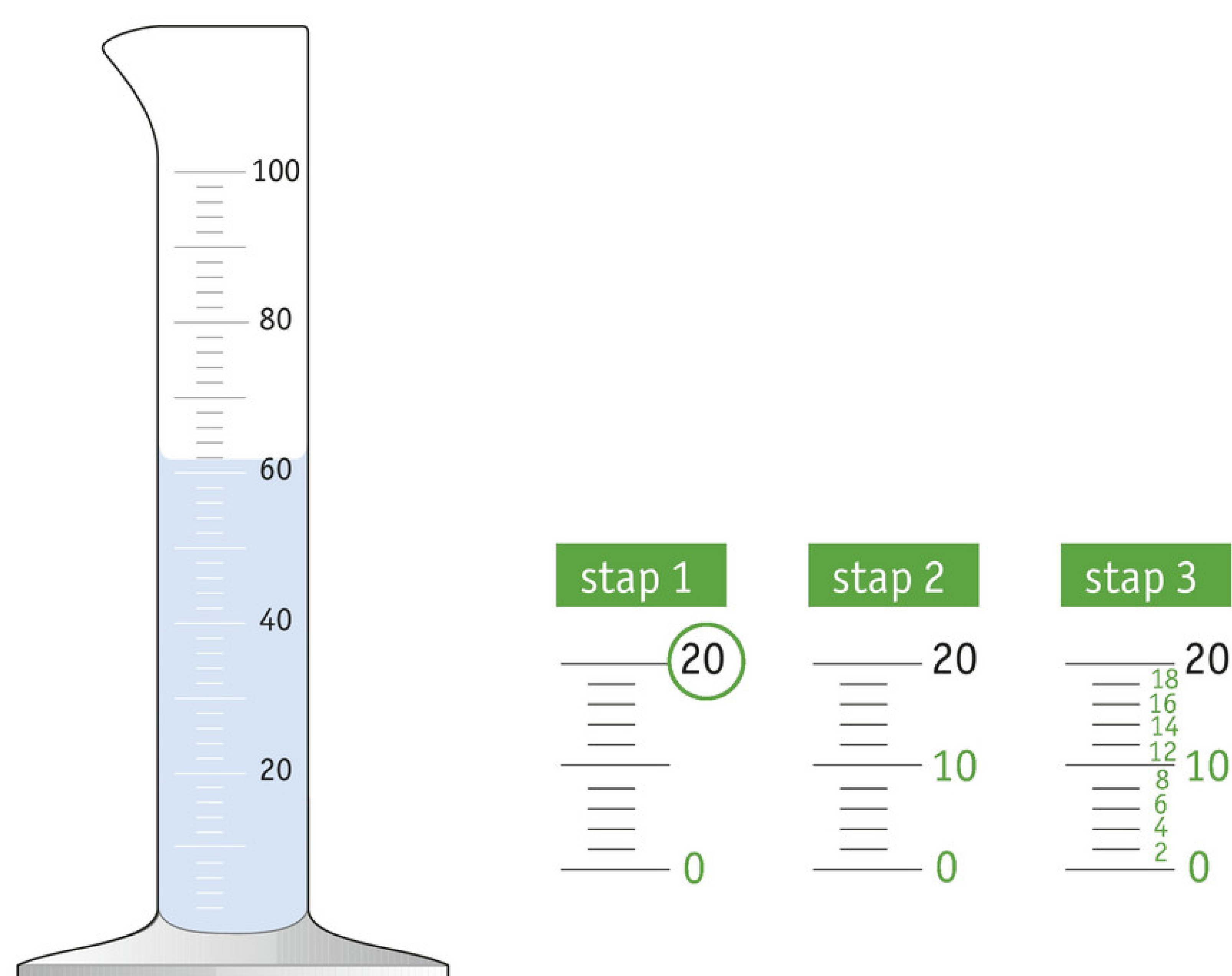
**Stap 1** **Ga van de 0 naar het eerste streepje met een getal.**
Bij de maatcilinder in figuur 5 is dat het streepje waar 20 bij staat.

**Stap 2** **Ga naar het streepje halverwege de 0 en het eerste getal.**
Bedenk welk getal bij dit streepje hoort. Bij de maatcilinder is dat 10.

**Stap 3** **Bedenk nu wat elk streepje van de schaalverdeling waard is.**
Tel van 0 naar het eerste getal om te controleren of alles klopt.
Bij de maatcilinder gaat het goed als je in stappen van 2 mL telt.

Elk streepje van de maatcilinder is dus 2 mL waard.
Ga zelf na dat er 62 mL water in de maatcilinder zit.

Bij andere meetinstrumenten met een schaalverdeling ga je op dezelfde manier te werk.




**figuur 5** Zo lees je een maatcilinder af.

# 6 Werken met een brander

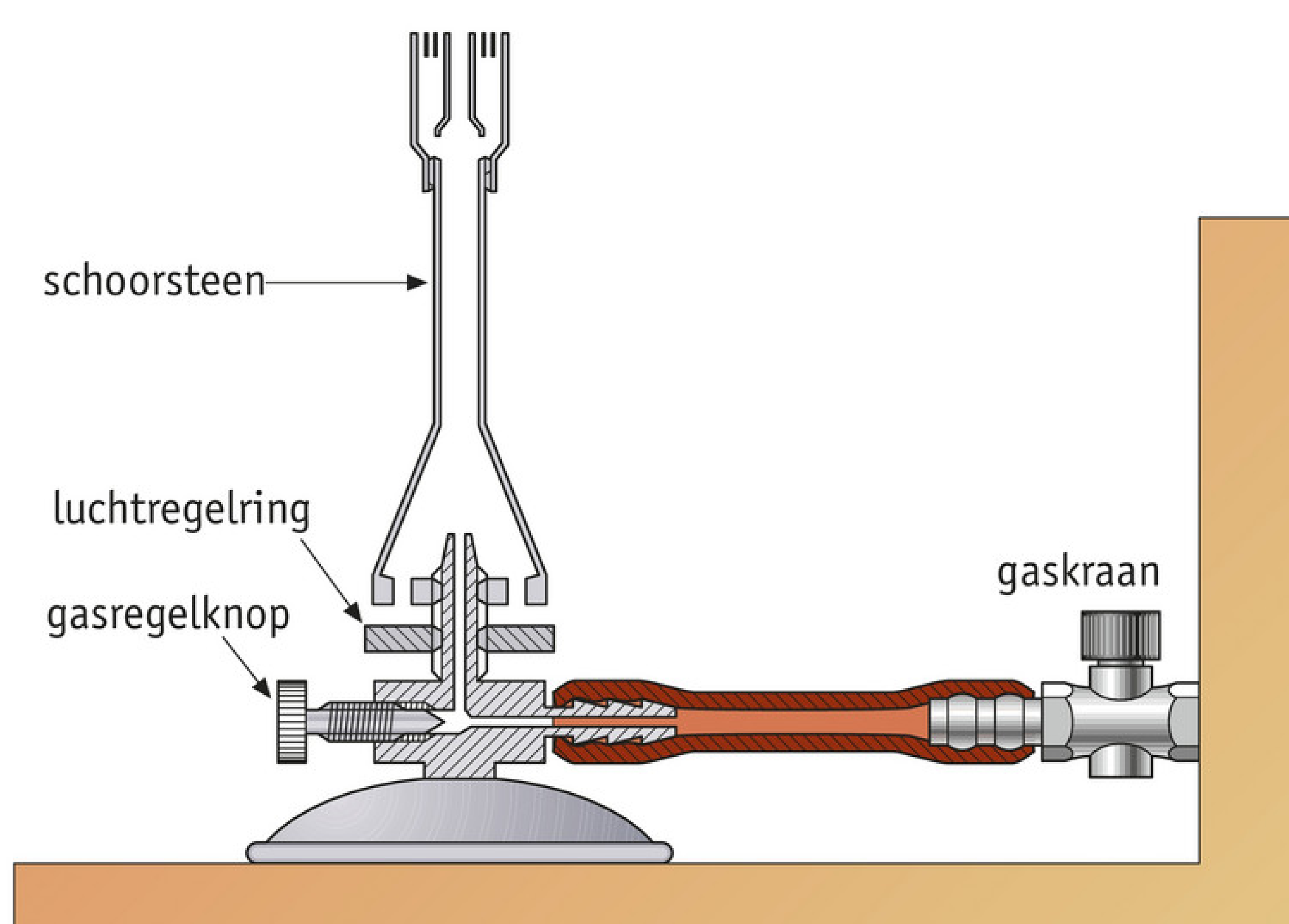
**Bij het vak natuur- en scheikunde gebruik je af en toe een brander. Hieronder staat hoe je ermee moet werken.**

### Veiligheid

- Houd je aan de veiligheidsregels die je docent met je heeft besproken.

### Vooraf

- Controleer of de gasregelknop en de luchtregelring van de brander dicht zijn (figuur 6). Zo niet, draai ze dan dicht.




**figuur 6** De onderdelen van een brander.

### Aansteken

- Draai de gaskraan op je tafel open.
- Houd een brandende lucifer boven de brander.
- Draai de gasregelknop open.
- De brander brandt nu met een goed zichtbare, gele vlam.

### Verwarmen

- Draai de luchtregelring open.
- De brander brandt nu met een slecht zichtbare, blauwe vlam. Deze blauwe vlam is veel heter dan de gele vlam. Om iets te verwarmen, gebruik je meestal een zacht ruisende, blauwe vlam (en nooit een gele vlam).

### Proef onderbreken

- Laat de brander niet alleen als hij met een blauwe vlam brandt.
- Draai altijd eerst de luchtregelring dicht.
- De brander brandt dan met een goed zichtbare gele vlam.

### Uitdoen

- Draai de luchtregelring dicht.
- Draai de gaskraan op je tafel dicht.
- Draai de gasregelknop dicht.

# 7 Werken met een spanningsmeter

**Bij proeven met elektriciteit wordt vaak een spanningsmeter gebruikt. Je moet zo'n meter op de juiste manier aansluiten.**

## Aansluiten

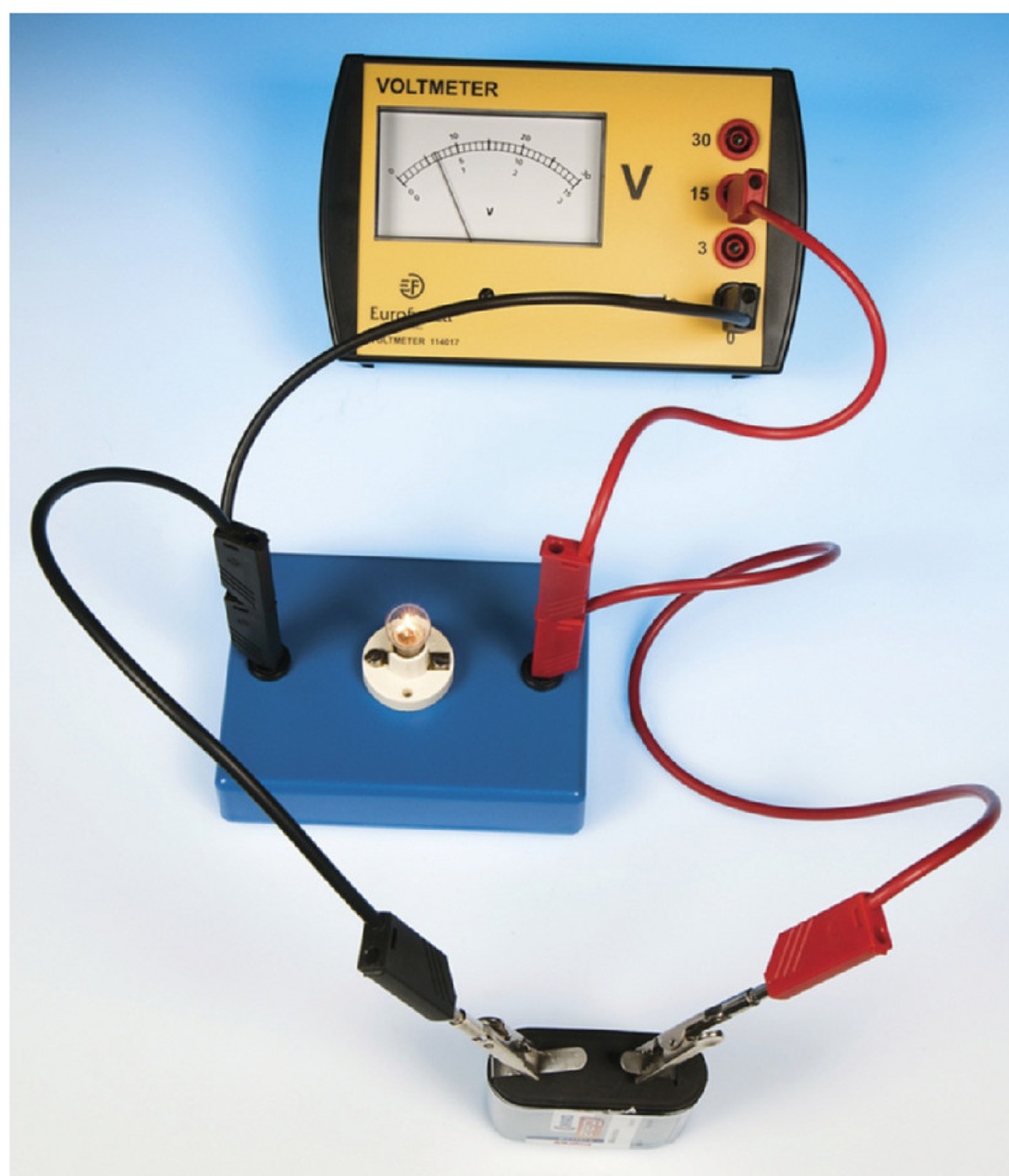
- Om de spanning 'over' een lampje te meten, schakel je de spanningsmeter parallel met het lampje. Zie figuur 7.
- Verbind de plus-pool van de batterij of voeding met de plus-aansluiting op de spanningsmeter. De wijzer beweegt dan de goede kant op. Als het toch fout gaat, sluit dan de twee snoeren 'andersom' op de meter aan.

## Meetbereiken

- Veel spanningsmeters hebben verschillende meetbereiken. De meter in figuur 7 heeft bijvoorbeeld drie meetbereiken: 0–3 volt, 0–15 volt en 0–30 volt. Als je het meetbereik van 0–3 volt gebruikt, kun je spanningen meten tot maximaal 3 volt.
- Voer eerst een 'testmeting' uit met het grootste meetbereik. Zo voorkom je dat de meter kapotgaat. Je ziet dan vanzelf of je een kleiner meetbereik kunt gebruiken.
- Doe de meting daarna met het kleinst mogelijke meetbereik. Dan slaat de wijzer verder uit en kun je nauwkeuriger aflezen wat hij aanwijst.

## Aflezen

- Kijk altijd zo recht mogelijk op de meter en doe je best om nauwkeurig af te lezen.




**figuur 7** Zo sluit je een spanningsmeter aan.

# 8 Werken met een stroommeter

**Bij proeven met elektriciteit wordt vaak een stroommeter gebruikt. Je moet zo'n meter op de juiste manier aansluiten.**

## Aansluiten

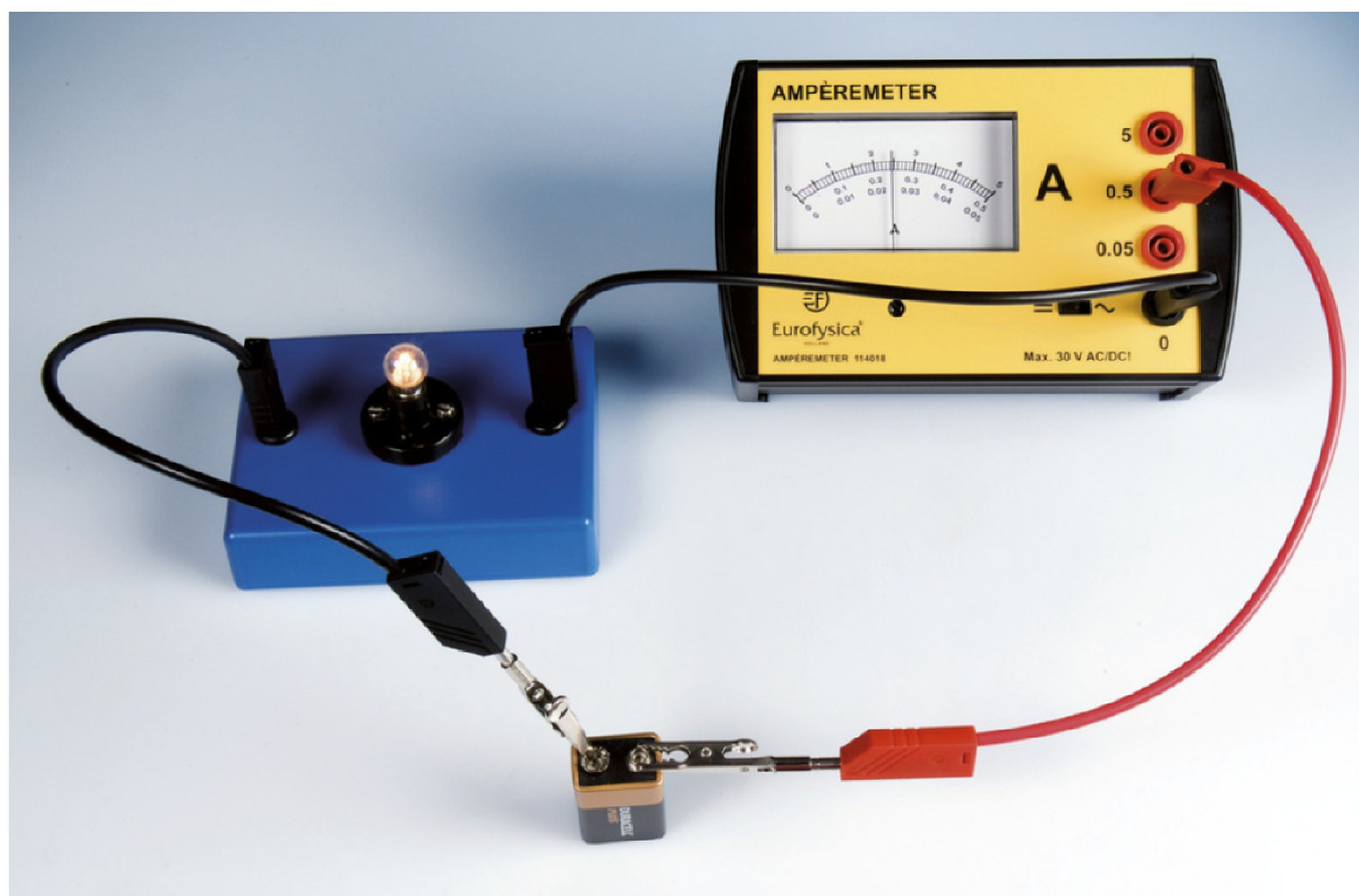
- Om de stroomsterkte door een lampje te meten, schakel je de stroommeter in serie met het lampje. De stroom door het lampje loopt dan ook door de meter.
- Verbind de plus-pool van de batterij of voeding met de plus-aansluiting op de stroommeter. De wijzer beweegt dan de goede kant op. Als het toch fout gaat, sluit dan de twee snoeren 'andersom' op de meter aan.

## Meetbereiken

- Meestal kun je op de stroommeter verschillende meetbereiken kiezen. De meter in figuur 8 heeft er drie: 0-50 mA, 0–500 mA en 0-5 A. Als je het meetbereik van 0–500 mA gebruikt, kun je stromen meten tot maximaal 500 mA.
- Voer eerst een 'testmeting' uit met het grootste meetbereik. Zo voorkom je dat de meter kapotgaat. Je ziet dan vanzelf of je een kleiner meetbereik kunt gebruiken.
- Doe de meting daarna zo mogelijk met een kleiner meetbereik. Als je ziet dat de stroomsterkte 30 à 40 mA is, schakel je bijvoorbeeld over op 0-50 mA. Dan slaat de wijzer flink ver uit en kun je nauwkeurig aflezen wat hij aanwijst.

## Aflezen

- Kijk altijd zo recht mogelijk op de meter en doe je best om nauwkeurig af te lezen.




**figuur 8** Zo sluit je een stroommeter aan.

# 9 Werken met een multimeter

**Bij proeven met elektriciteit kun je een multimeter gebruiken in plaats van een spanningsmeter of een stroommeter. Met een draaiknop op de meter kun je eenvoudig de te meten grootheid en het gewenste meetbereik kiezen (figuur 9).**

## De spanning meten

- Zet de draaiknop in het gebied DCV of V= en kies het hoogste meetbereik.
- Sluit de multimeter aan als een spanningsmeter: parallel met het lampje.
- Voer een ‘testmeting’ uit. Herhaal dit zo nodig met een kleiner meetbereik.
- Voer ten slotte de ‘echte’ meting uit met het kleinst mogelijke meetbereik.

## De stroomsterkte meten

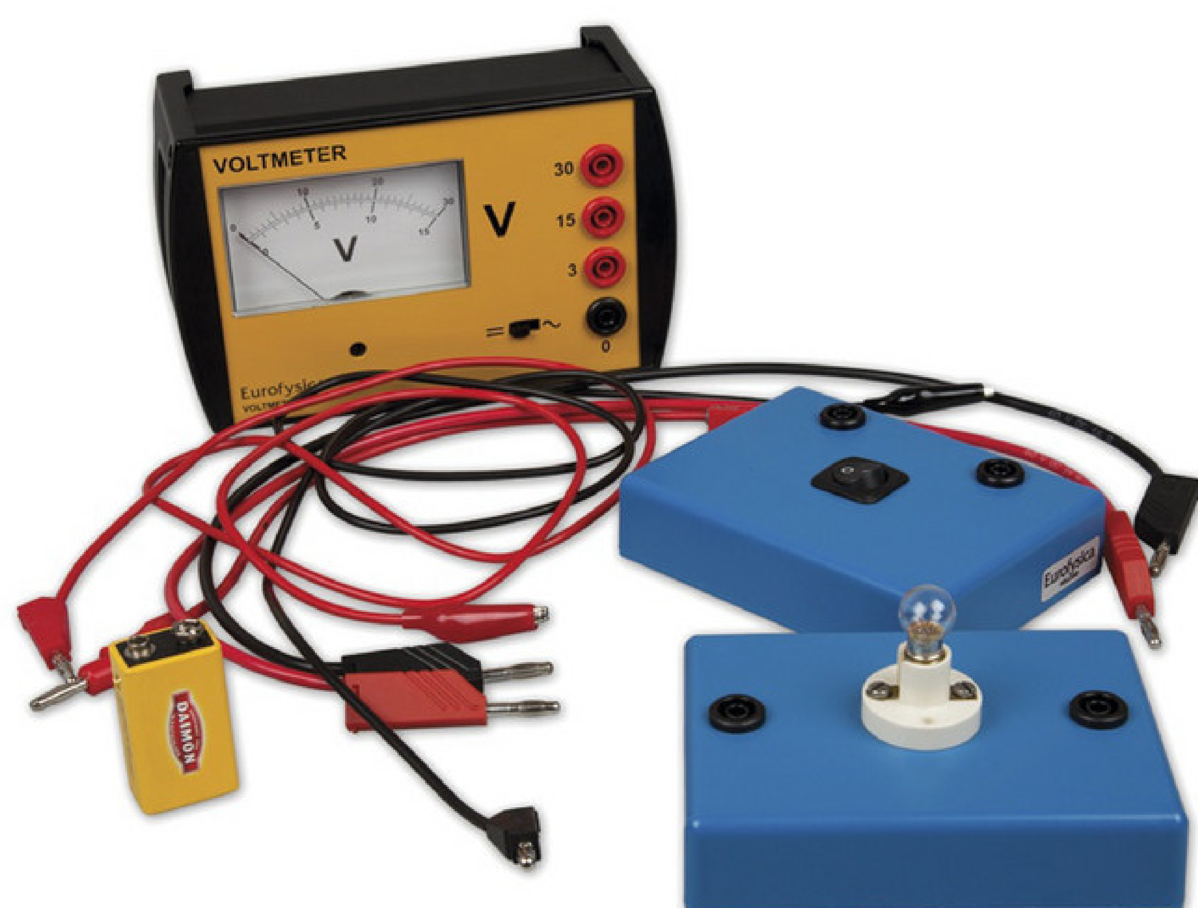
- Zet de draaiknop in het gebied DCA of A= en kies het hoogste meetbereik.
- Sluit de multimeter aan als een stroommeter: in serie met het lampje.
- Voer een ‘testmeting’ uit. Herhaal dit zo nodig met een kleiner meetbereik.
- Voer ten slotte de ‘echte’ meting uit met het kleinst mogelijke meetbereik.

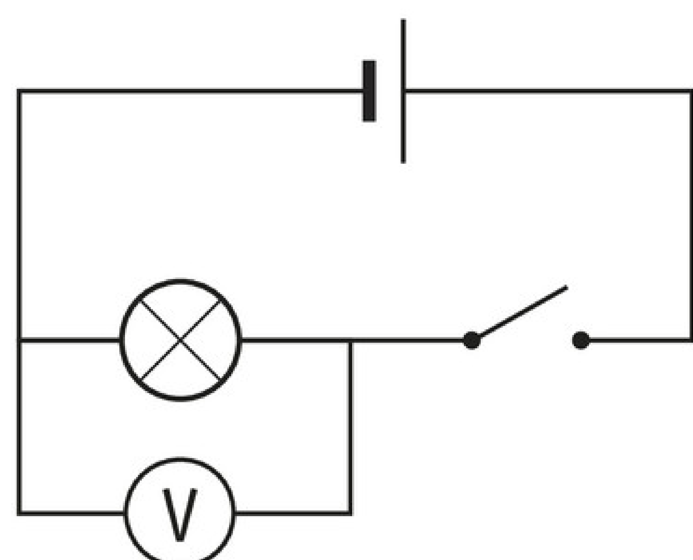



**figuur 9** Een multimeter.

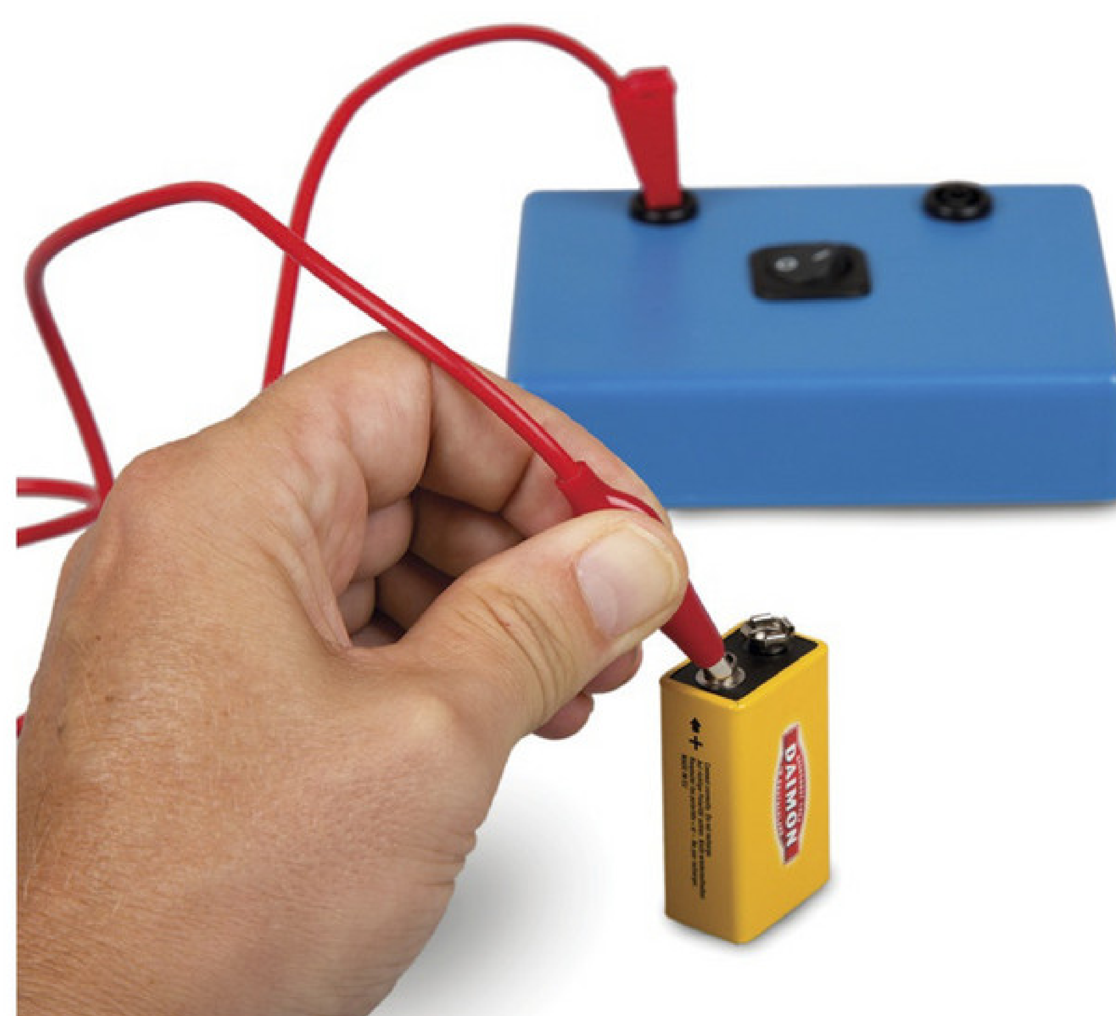
# 10 Schakelingen bouwen

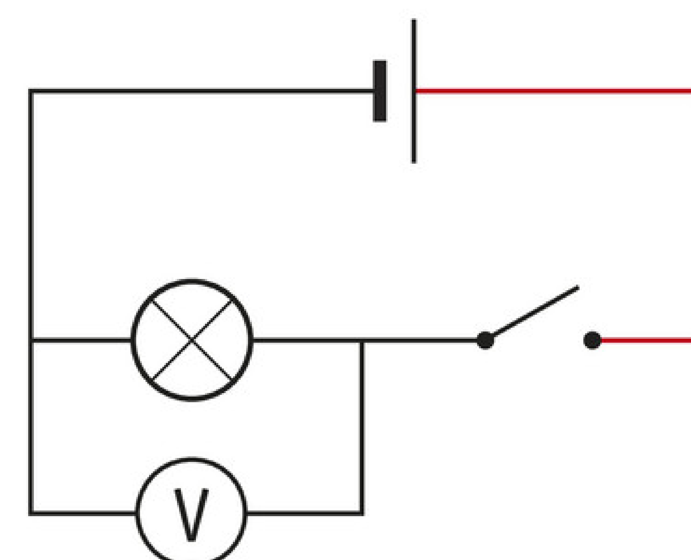
**Bij sommige proeven bouw je een schakeling aan de hand van een schakelschema. Je kunt zo'n schakeling het beste stap voor stap opbouwen. In figuur 10 zie je hoe dat werkt.**



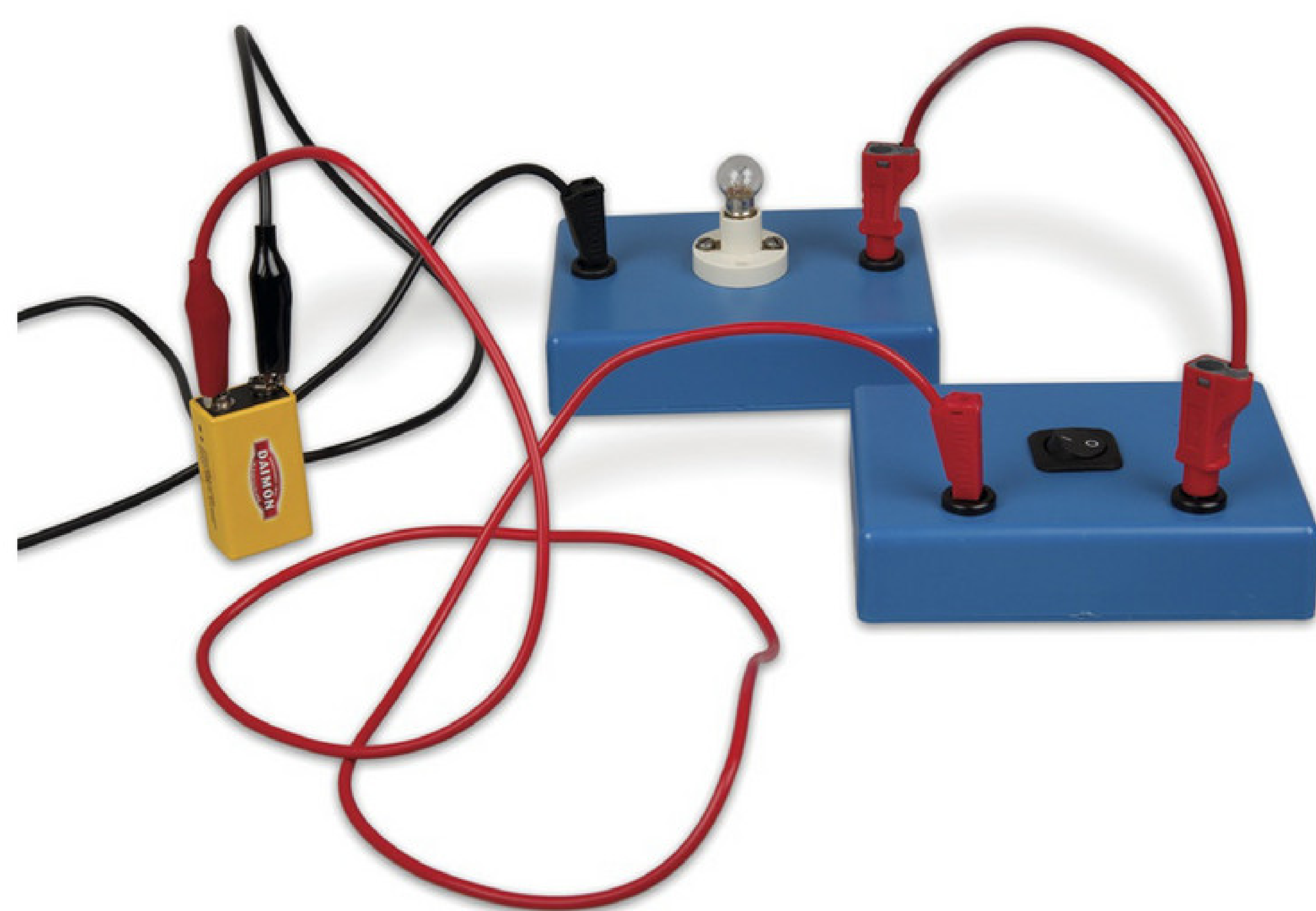



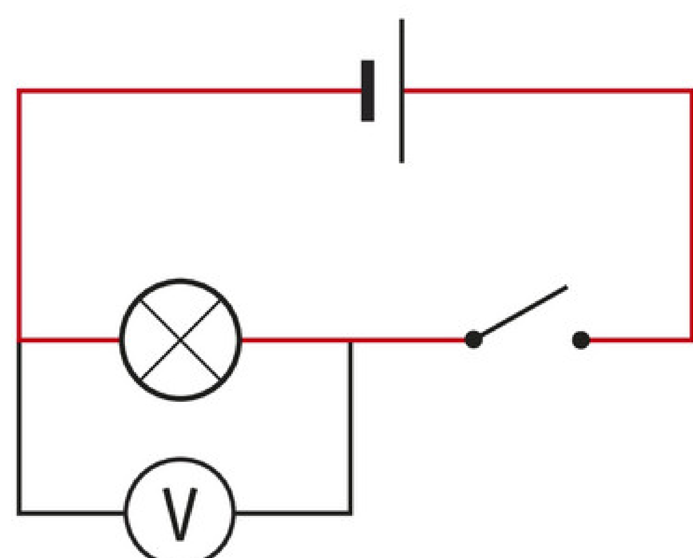

1 Verzamel de verschillende onderdelen.





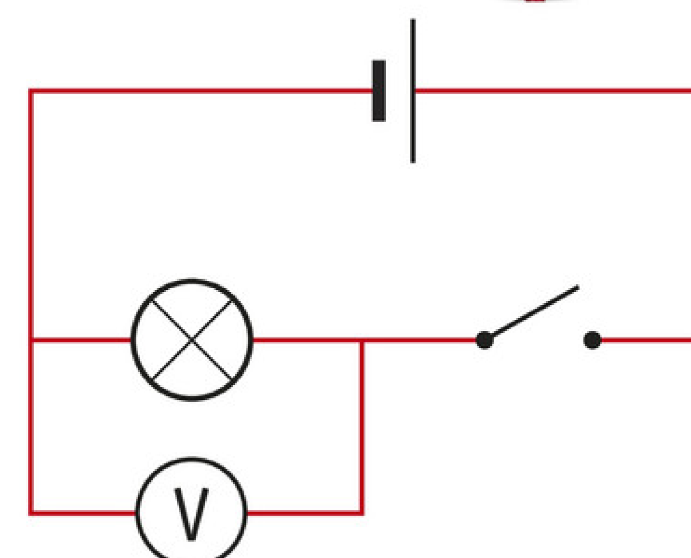

2 Begin met een rood snoer aan de plus-kant.






3 Sluit het lampje en de schakelaar aan: in serie.




4 Sluit de spanningsmeter aan: parallel met het lampje.

**figuur 10** Een schakeling bouwen.

# 11 Werken met een oscilloscoop

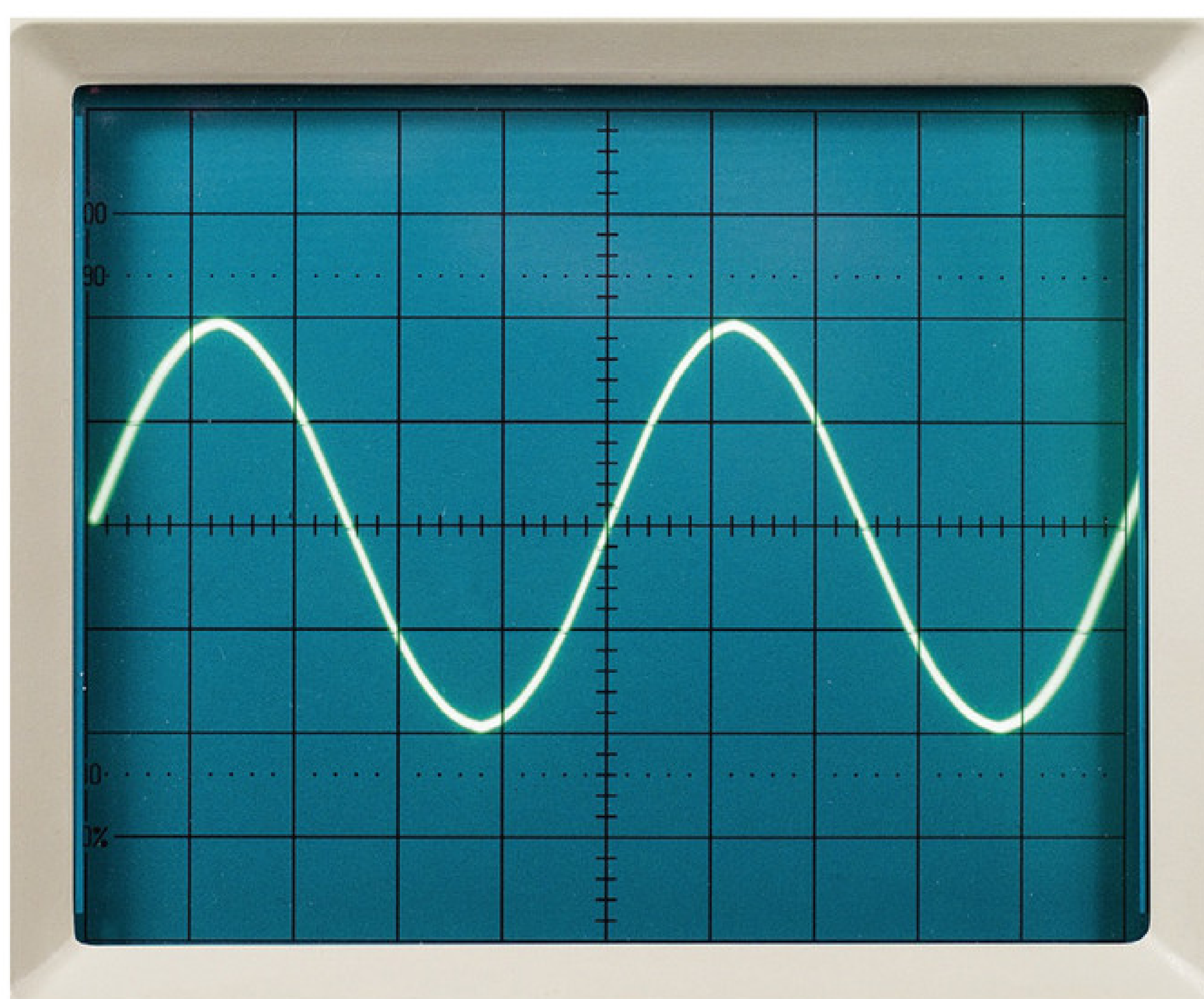
**Met een oscilloscoop kun je de frequentie van een toon bepalen. Daarvoor moet je een microfoon aansluiten op de ingang van de oscilloscoop. Op het scherm verschijnt dan een afbeelding van de geluidstrilling.**

### De tijdbasis

Het scherm van de oscilloscoop is verdeeld in vakjes. Langs de horizontale as is de tijd uitgezet. Als één vakje 2 milliseconden breed is, zeg je dat de tijdbasis op 2 milliseconden per onderverdeling (2 ms/div) staat ingesteld. Je kunt de tijdbasis zelf instellen op de oscilloscoop.

### De tijdbasis instellen

- Soms zijn er te veel trillingen op het scherm te zien. Stel de tijdbasis dan in op een kleinere waarde.
- Soms is er maar een klein stukje van één trilling te zien. Stel de tijdbasis dan in op een grotere waarde.
- De tijdbasis is goed ingesteld als er enkele trillingen op het scherm te zien zijn. Je kunt dan goed op het scherm aflezen hoeveel tijd voor één trilling nodig is (figuur 11).



**figuur 11** Het oscilloscoopbeeld van een trilling.

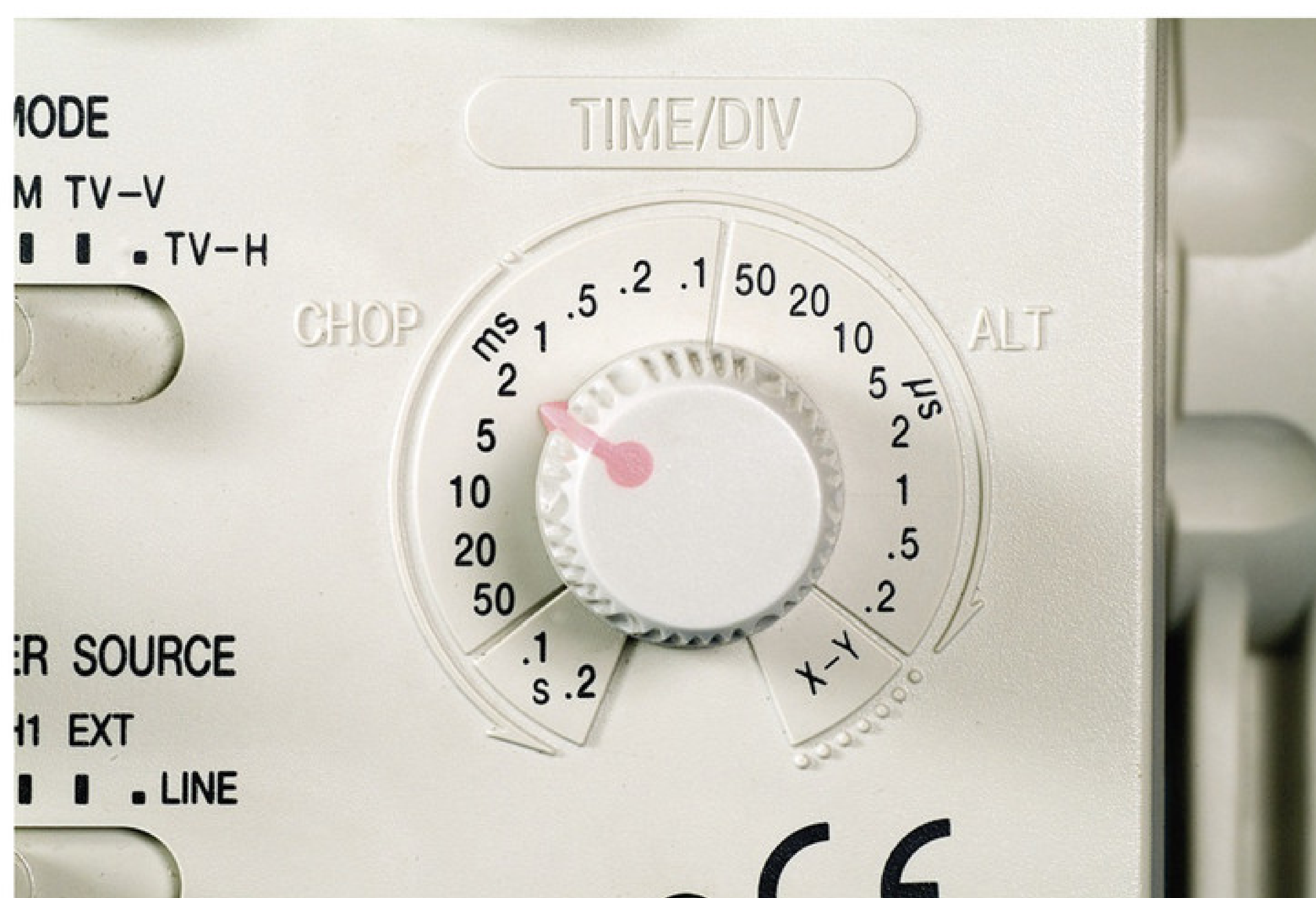
### VOORBEELDOPDRACHT

De tijdbasis van de oscilloscoop in figuur 11 is ingesteld op 2 ms/div (2 milliseconden per onderverdeling).
Bereken hoe groot de frequentie van de afgebeelde trilling is.

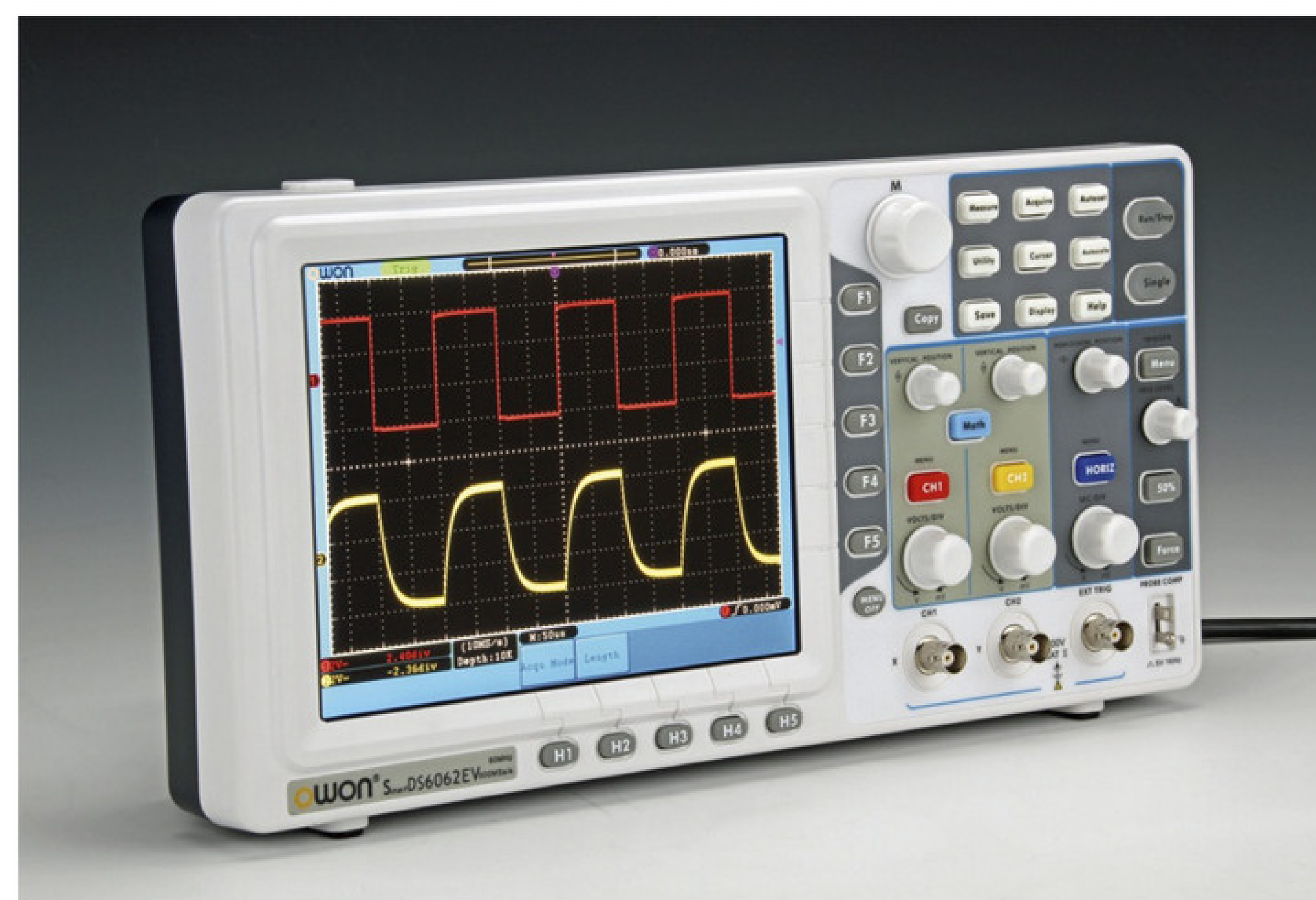
Je ziet dat één volledige trilling vijf vakjes beslaat.
$T = 5 \times 2 \text{ ms} = 10 \text{ ms} = 0{,}01 \text{ s}$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0{,}01} = 100 \text{ Hz}$$

Bij een analoge oscilloscoop stel je de tijdbasis in met een draaiknop (figuur 12). Bij een digitale oscilloscoop kun je de tijdbasis ook zelf instellen, of met een druk op de autoset-knop de oscilloscoop de ideale tijdbasis laten zoeken (figuur 13).




**figuur 12** De tijdbasis van een oscilloscoop.



**figuur 13** Een digitale oscilloscoop.

# 12 Werken met formules

**Bij het vak natuur- en scheikunde moet je af en toe berekeningen maken. Je moet daarbij duidelijk laten zien hoe je aan het antwoord komt.**

Werk een berekening daarom als volgt uit:

Stap 1 **Schrijf de gegevens volledig op.**

Stap 2 **Noteer wat gevraagd wordt.**

Stap 3 **Noteer de formule in de juiste vorm.**

Je schrijft de formule voor het vermogen $P$:

- als $P = U \cdot I$ om het vermogen $P$ te berekenen.
- als $U = \frac{P}{I}$ om de spanning $U$ te berekenen.
- als $I = \frac{P}{U}$ om de stroomsterkte $I$ te berekenen.

Stap 4 **Vul de gegevens in.**

Stap 5 **Noteer het antwoord: een getal, gevolgd door een eenheid.**

Rond de uitkomst af, als je antwoord anders te veel cijfers krijgt. Een bruikbare vuistregel is dat je antwoord evenveel of maximaal één cijfer meer heeft als het gegeven met het kleinst aantal cijfers.

**VOORBEELDOPDRACHT**

Een metalen cilinder heeft een massa van 196 g en een volume van 22 $cm^3$.
Bereken de dichtheid van de stof waarvan het cilindertje gemaakt is.
Om welke stof zou het kunnen gaan?

gegevens m = 196 g
V = 22 $cm^3$

gevraagd $\rho$ = ?

uitwerking $\rho = \frac{m}{V} = \frac{196}{22} = 8{,}9\ g/cm^3$

Het cilindertje zou van koper gemaakt kunnen zijn. Zie tabel 1 Dichtheid van enkele stoffen in paragraaf 4 van hoofdstuk 2.

# 13 Werken met tabellen en grafieken

**Veel onderzoeksvragen gaan over het verband tussen twee grootheden. Neem bijvoorbeeld de onderzoeksvraag: *Wat is het verband tussen de temperatuur van water in een bekerglas en de tijd dat het water wordt verwarmd?***

Deze vraag gaat over het verband tussen de tijd en de temperatuur. Om deze vraag te beantwoorden, voer je een serie metingen uit. Je verwarmt het water met een brander. Om de minuut lees je de temperatuur van het water af op een thermometer. De meetresultaten noteer je in een tabel (zie figuur 14a). Na afloop geef je de meetresultaten weer in een grafiek.
Zo'n grafiek maak je als volgt (zie figuur 14b, c en d):

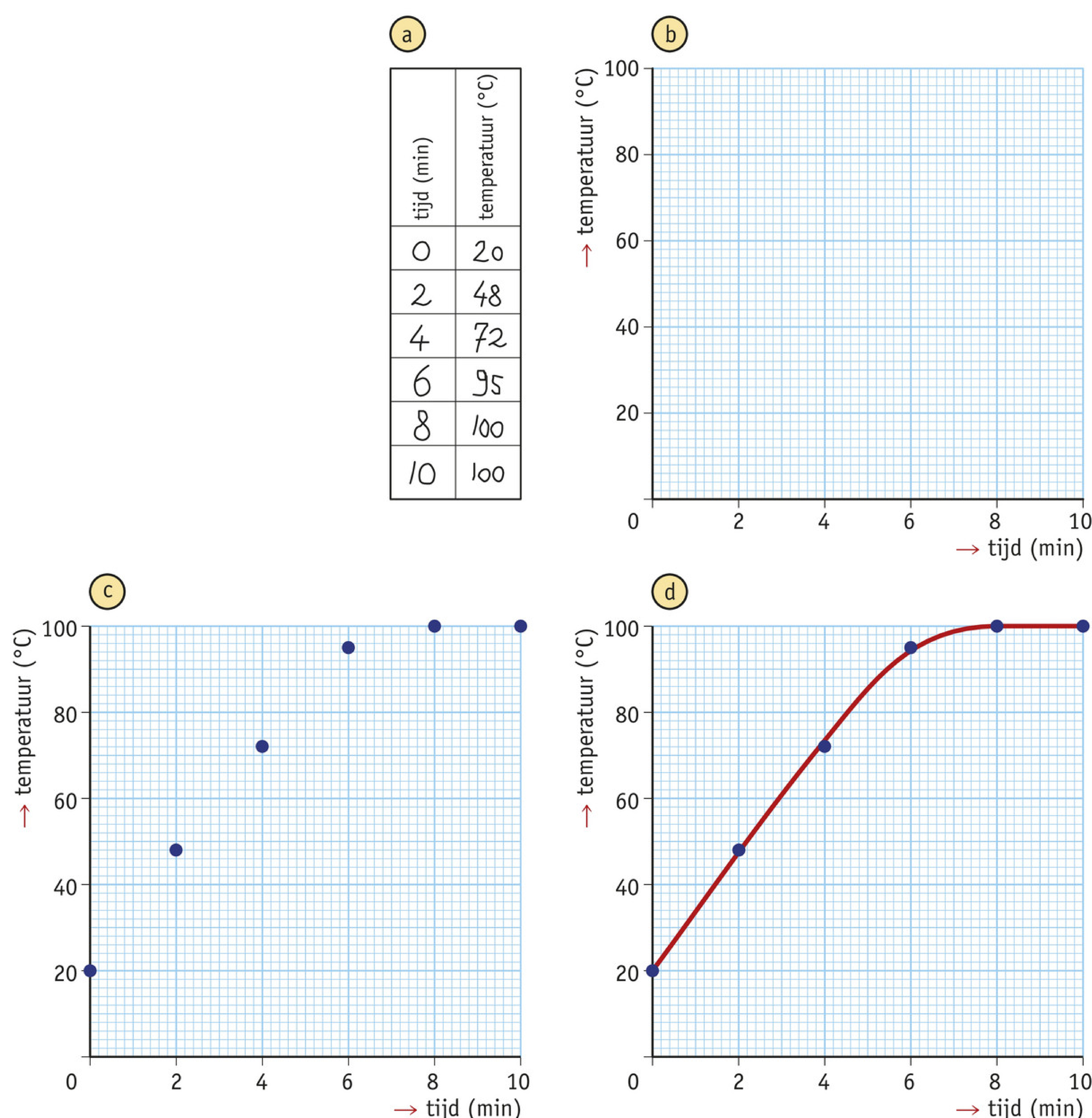
**Stap 1** **Teken een assenstelsel.**

**Stap 2** **Zet bij elke as een grootheid, met de bijbehorende eenheid.**
Bijvoorbeeld: tijd (min) en temperatuur (°C).

**Stap 3** **Zet langs beide assen een geschikte schaalverdeling.**

**Stap 4** **Teken de meetresultaten in als punten.**

**Stap 5** **Teken een rechte lijn of een vloeiende kromme die zo goed mogelijk bij de punten aansluit. Je mag de punten niet een voor een met elkaar verbinden.**
Het geeft dus niet dat de rechte lijn of kromme niet precies door alle meetpunten loopt.



| tijd (min) | temperatuur (°C) |
|---|---|
| 0 | 20 |
| 2 | 48 |
| 4 | 72 |
| 6 | 95 |
| 8 | 100 |
| 10 | 100 |



**figuur 14** Van tabel naar grafiek.

# 14 Een verslag schrijven

**Bij een onderzoek hoort een verslag. In dat verslag leg je uit hoe het onderzoek is verlopen. Iemand die er niet bij geweest is, moet precies kunnen begrijpen wat er allemaal is gebeurd. Soms moet je ook een verslag maken van een practicumproef of een thuisopdracht.**

Deel je verslag als volgt in:

**Titelpagina**
Hierop vermeld je: de titel van het onderzoek, de namen van de leerlingen in het onderzoeksgroepje, de klas, de naam van je docent, de datum en het jaartal.

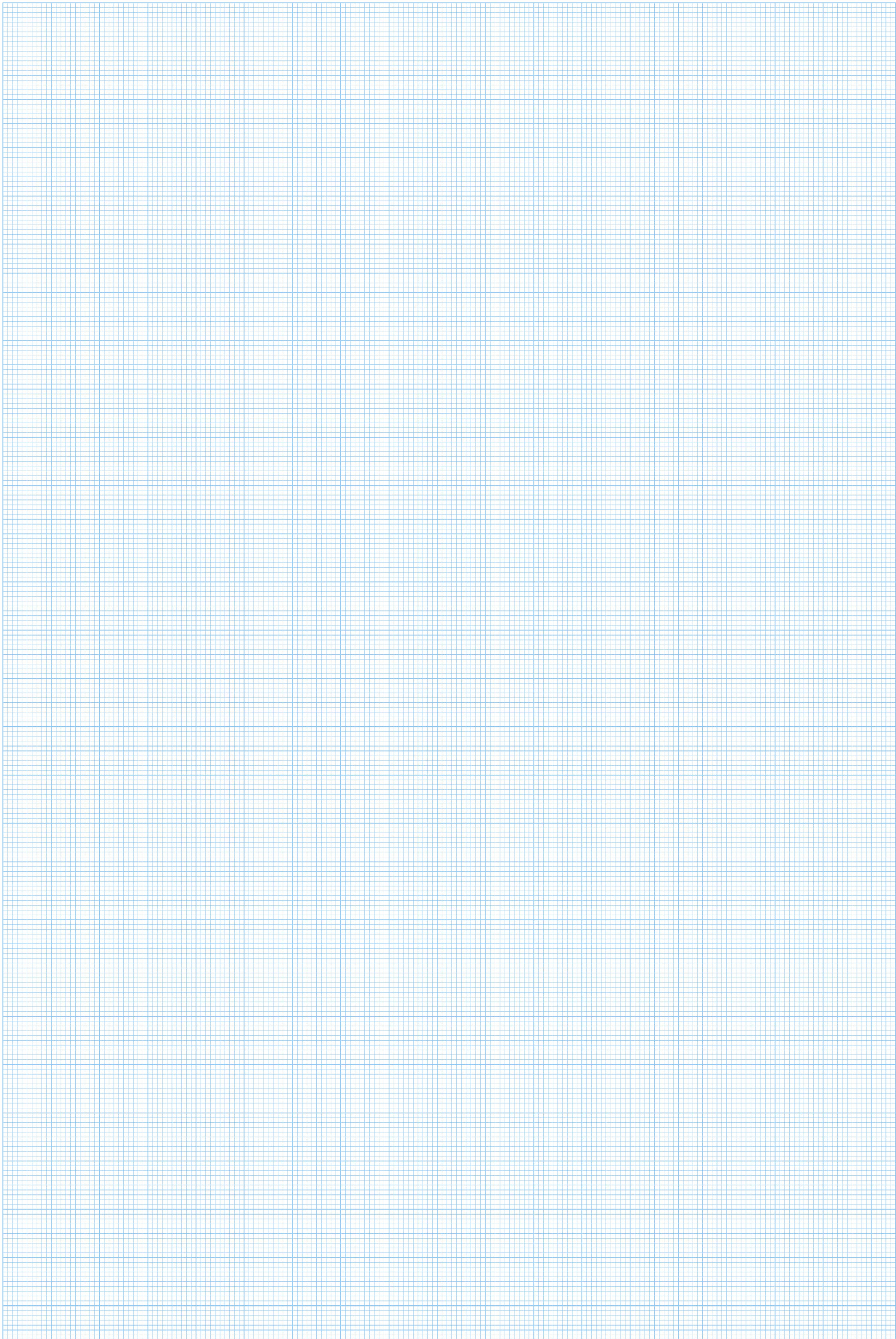
**§ 1 Onderzoeksvraag**
In deze paragraaf leg je uit welke vraag je met je onderzoek wilde beantwoorden.

**§ 2 Werkplan**
Hierin staat:
- een lijst met de spullen die je hebt gebruikt;
- een tekening van de opstelling die je hebt gemaakt;
- een korte beschrijving van wat je hebt gedaan.

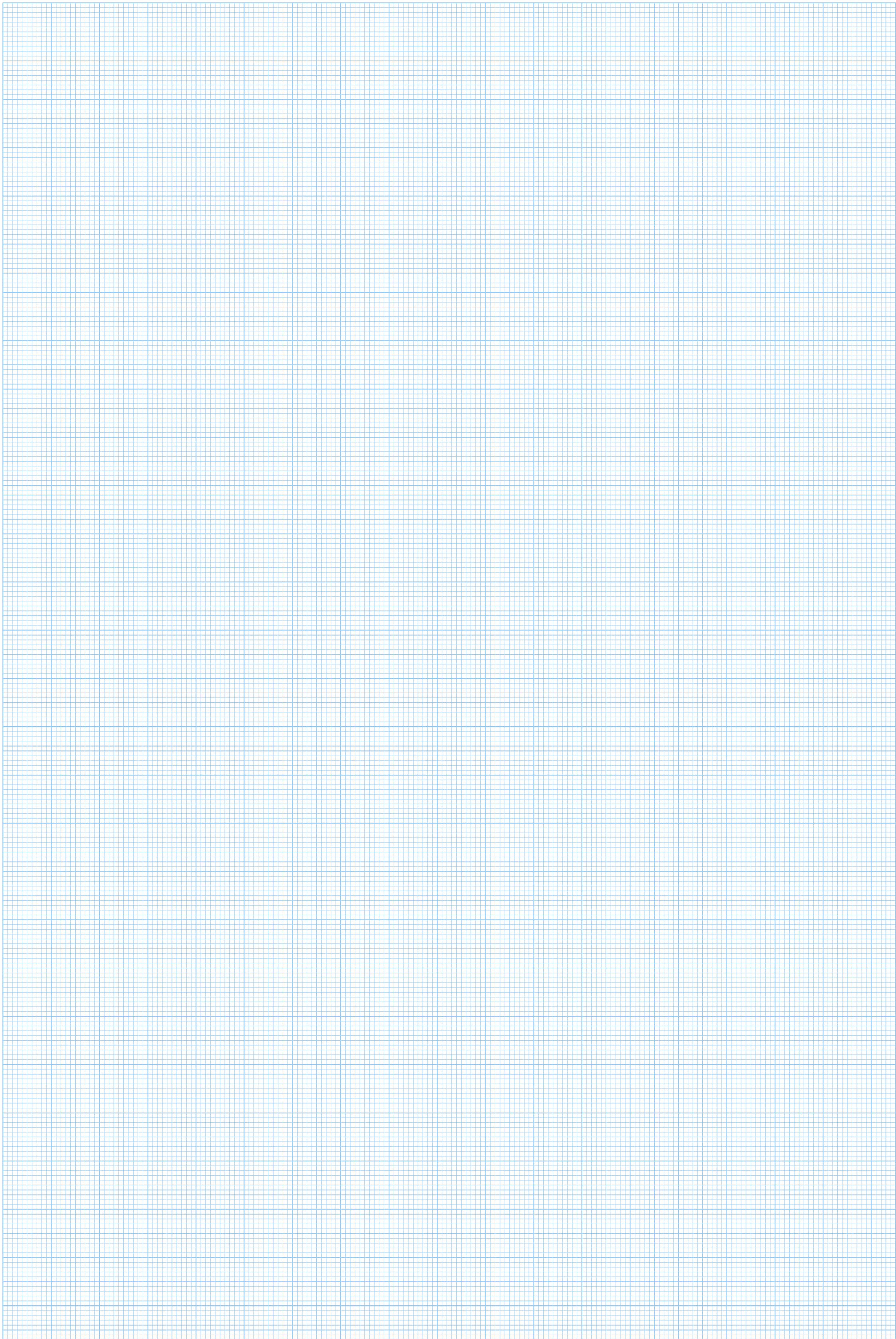
**§ 3 Onderzoeksresultaten**
Hierin vermeld je wat je hebt waargenomen of gemeten: in de vorm van tekst, tabellen, grafieken, foto's en dergelijke.

**§ 4 Conclusie**
Hierin staat het antwoord op de onderzoeksvraag.

Een verslag hoort er goed uit te zien. Het gaat niet alleen om de inhoud van je verslag. Je moet die inhoud ook duidelijk en overzichtelijk presenteren.







# Register

Achter elk begrip staat de pagina waarop het begrip in de leertekst wordt uitgelegd en de pagina waarop het begrip in het Leerstofoverzicht staat

# Colofon


**ONTWERP BINNENWERK**
Pointer grafische vormgeving
Crius Group

**ONTWERP OMSLAG**
Studio Struis

**UITVOERING BINNENWERK**
Crius Group

**AUTEURS**
R. Cremers
P. van Hoeflaken
F. Kan
M. Kelder
L. Lenders
P. Oosterlaak
C. Schatorjé
T. Seynaeve
R. Tromp

**EINDREDACTIE**
S. Michon

**TECHNISCH TEKENWERK**
Erik Eshuis Infographics, Groningen, Edwin Verbaal/Verbaal Visuele Communicatie, Arnhem, Sittrop Grafisch Realisatiebureau, Rotterdam

**BEELDRESEARCH**
B en U International Picture Service, Amsterdam, Daliz Research, Den Haag

**BEELDVERANTWOORDING**
123RF/costasz: Pag. 45 (o.); 123RF/Vladimir Soldatov: Pag. 122/123; ANP Foto/Huisman Media: Pag. 16; ANP Foto/Science Photo Library/Dirk Wiersma: Pag. 55; ANP Foto/Science Photo Library/Scientifica/Visuals Unlimited: Pag. 91; ANP Foto/Science Photo Library: Pag. 12; ANP/Brenton Edwards: Pag. 163 (o.); ANP/Science Photo Library/Detlev van Ravenswaay: Pag. 97 (o.); Bounce Pro/Sports Power: Pag. 11 (o.); Can Stock Photo Inc./AnnieAnnie: Pag. 57; Corbis/Getty Images/Bo Zaunders: Pag. 90 (b.); Corbis/Getty/Vincon/Klein/plainpicture/123RF: Pag. 100 (o.); Creative Commons/Jorrit Lousberg: Pag. 164, 165; Depositophoto, San Francisco: Pag. 175; Edwin Verbaal/Verbaal Visuele Communicatie, Arnhem: Pag. 87 (b.), 87 (o.), 89 (l.), 89 (r.), 90 (o.), 94, 95 (o.), 98, 101 (b.), 106, 109, 116 (b.), 118; Erik Eshuis Infographics, Groningen: Pag. 13, 19 (b.), 20 (o.), 22, 23 (m.), 25, 26, 30, 38, 81 (o.), 124, 125 (o.), 127, 130 (r.o.), 130 (l.o.), 131, 132 (r.b.), 136 (b.), 136 (o.), 137 (o.), 139, 140 (b.), 140 (b.), 140 (l.m.), 140 (r.m.), 140 (o.), 141 (l.b.), 141 (r.b.), 141 (o.), 146, 147 (b.), 149 (b.), 151, 152, 153, 168; Eurofysica: Pag. 183 (r.b.); EyeEm Mobile GmbH/Hollandse Hoogte/Karol Wójcik: Pag. 34/35; Fundamental Photographs/Richard Megna: Pag. 85; Gate House Media/Penn State University, RF: Pag. 104 (o.); Getty Images/Cameron Spencer: Pag. 73; Getty Images/Eric PASQUIER/GAMMA-RAPHO: Pag. 51; Getty Images/Kraft Angerer: Pag. 116 (o.); Getty Images/Science Photo Library: Pag. 43 (l.b.); Hollandse Hoogte/Berry Stokvis: Pag. 75 (l.), 75 (r.); Hollandse Hoogte/Bert Van den Broucke - Philip Reynaers: Pag. 134; Hollandse Hoogte/Joyce van Belkom: Pag. 172; Hollandse Hoogte/Richard Brocken: Pag. 36 (b.); Hollandse Hoogte/Sven Torfinn/Panos Pictures: Pag. 150; Image Bank Collection Getty Images RF/mycola: Pag.

97 (b.); Jacob breimer, Zeeland NB: Pag. 135 (l.b.), 135 (r.b.), 135 (o.), 45 (b.), 47 (r.o.), 170; Merlijn Michon Fotografie, Amsterdam: Pag. 15, 48 (r.o.), 100 (b.), 100 (m.), 105, 128 (l.b.), 128 (r.b.), 128 (m.); Nationale Beeldbank/Henriette Veld: Pag. 21 (l.); Nuon Solar Team, Delft/Jorrit Lousberg: Pag. 163 (b.); Philips, Eindhoven: Pag. 145; Pim Rusch Fotografie, Leiden/Erik Eshuis: Pag. 181; Pim Rusch Fotografie, Leiden: Pag. 142, 178, 179, 180, 183 (l.b.); SCIENCE PHOTO LIBRARY/ ANP/CAPE GRIM B.A.P.S./SIMON FRASER: Pag. 86; SCIENCE PHOTO LIBRARY/ANP/KENNETH LIBBRECHT: Pag. 82 (l.b.), 82 (m.b.), 82 (r.b.); 1. Shutterstock/VadimZosimov/ 2. Shutterstock/tanuha2001/ 3. Edwin Verbaal/Verbaal Visuele Communicatie, Arnhem: Pag. 92; Shutterstock/Africa Studio: Pag. 44; Shutterstock/Aleksandr Trubitsyn: Pag. 84 (b.); Shutterstock/ALPA PROD: Pag. 133; Shutterstock/Anna Stasevska: Pag. 88 (b.); Shutterstock/Anton Zh: Pag. 20 (r.b.); Shutterstock/ArtOfPhotos: Pag. 82 (r.o.); Shutterstock/ Bjoern Wylezich: Pag. 17; Shutterstock/Buquet Christophe: Pag. 59; Shutterstock/Carlos Caetano: Pag. 63; Shutterstock/ ChiccoDodiFC: Pag. 147 (o.); Shutterstock/CL-Medien: Pag. 11 (l.b.); Shutterstock/dafne: Pag. 83; Shutterstock/ Daniel Ouellette: Pag. 11 (r.b.); Shutterstock/Dario Sabljak: Pag. 126 (m.); Shutterstock/Dark Moon Pictures: Pag. 80; Shutterstock/dlbiuniephotography: Pag. 8 (l.o.); Shutterstock/Everett Collection: Pag. 9 (b.); Shutterstock/ Food Impressions: Pag. 14; Shutterstock/FrankDeBonis: Pag. 93 (b.); Shutterstock/In Green: Pag. 43 (m.b.); Shutterstock/ Keith Goldstein: Pag. 117; Shutterstock/kuzmaphoto: Pag. 78/79; Shutterstock/makuromi: Pag. 20 (l.b.); Shutterstock/ mamypuk: Pag. 101 (o.); Shutterstock/Marc Bruxelle: Pag. 10 (l.b.); Shutterstock/matej_z: Pag. 132 (l.b.); Shutterstock/ naramit: Pag. 8.(r.o.); Shutterstock/nelik: Pag. 126 (o.); Shutterstock/Oleksiy Mark: Pag. 148; Shutterstock/ OSORIOartist: Pag. 88 (o.); Shutterstock/Petrychenko Anton: Pag. 10.(r.b.); Shutterstock/Pisitwasu: Pag. 21 (r.); Shutterstock/Rawpixel.com: Pag. 6/7; Shutterstock/Remi Cauzid: Pag. 82 (l.o.); Shutterstock/Robsonphoto: Pag. 81 (b.); Shutterstock/Rodolphe Trider: Pag. 138; Shutterstock/ Sergei Leto: Pag. 93 (o.); Shutterstock/Slavun: Pag. 8 (m.o.); Shutterstock/Stacey Ann Alberts: Pag. 84 (o.); Shutterstock/Tushchakorn: Pag. 9 (o.); Shutterstock/ URAIWONS: Pag. 36 (o.); Shutterstock/Wojtek Chmielewski: Pag. 115; Shutterstock: Pag. 182; Shutterstock: Pag. 43 (r.b.); Sittrop Grafisch Realisatiebureau, Rotterdam: Pag. 48 (l.o.); Technopolis: Pag. 62 (b.)

*Omslag*
RooM the Agency/Alamy Stock Photo/Imageselect

ISBN 978 94 020 6894 8

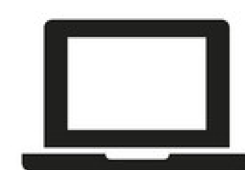
Release 2021, eerste oplage

MALMBERG

MAX


Je mag dit boek houden.
Handig als naslagwerk.


Je mag in dit boek schrijven
en aantekeningen maken.

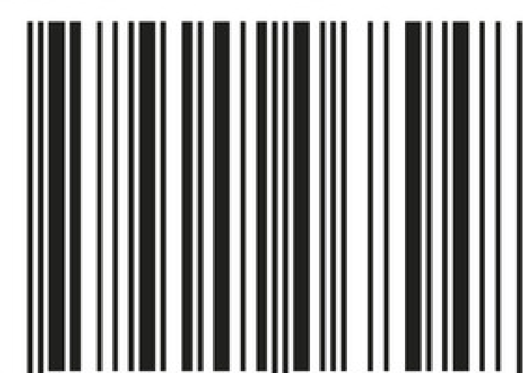

Je hebt ook toegang tot
de online leeromgeving.


**AUTEURS**

R. Cremers
P. van Hoeflaken
F. Kan
M. Kelder
L. Lenders
P. Oosterlaak
C. Schatorjé
T. Seynaeve
R. Tromp

**EINDREDACTIE**

S. Michon

ISBN 978 94 020 6894 8
9 789402 068948
596154


MALMBERG